

**VŠB-Technická univerzita Ostrava**  
Fakulta elektrotechniky a informatiky

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

**VŠB-Technická univerzita Ostrava**  
Fakulta elektrotechniky a informatiky  
Katedra elektroniky

**Záložní zdroj pro oběhové čerpadlo**  
Backup Power Supply for Circulation Pump

VŠB - Technická univerzita Ostrava  
Fakulta elektrotechniky a informatiky  
Katedra elektroniky

## Zadání bakalářské práce

Student: **Samuel Haleš**  
Studijní program: B2649 Elektrotechnika  
Studijní obor: 2602R014 Aplikovaná a komerční elektronika  
Téma: **Záložní zdroj pro oběhové čerpadlo**  
**Backup Power Supply for Circulation Pump**

Zásady pro vypracování:

1. Proveďte rozbor možností řešení zálohy energie pro oběhová čerpadla.
2. Navrhněte a realizujte záložní jednotku pro oběhové čerpadlo s využitím komerčně dostupných DC/AC měničů.
3. Ověřte funkčnost realizovaného zařízení a popište možnosti a podmínky jeho využití

Seznam doporučené odborné literatury:

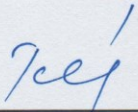
Dle doporučení vedoucího bakalářské práce.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

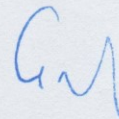
Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Petr Palacký, Ph.D.**

Datum zadání: 16.11.2012

Datum odevzdání: 07.05.2013



doc. Ing. Petr Palacký, Ph.D.  
vedoucí katedry

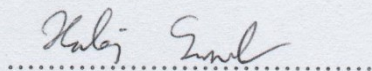


prof. RNDr. Václav Snášel, CSc.  
děkan fakulty

## **PROHLÁŠENÍ**

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně.  
Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.

V Ostravě 7.5 2013



.....  
podpis studenta

## **Poděkování**

Rád bych poděkoval doc. Ing. Petru Palackému, Ph.D. za odborné vedení a cenné rady při zpracování moji bakalářské práce. Také bych chtěl poděkovat za pomoc s výrobou plošného spoje Ing. Lukášovi Odlevákovi a Ing. Josefovi Opluštilovi.

## **Abstrakt**

Tato bakalářská práce se zabývá záložním zdrojem pro oběhové čerpadlo. Na začátku druhé kapitoly jsme si představili základní druhy záložních zdrojů. Dále jsem se zaměřil na oběhová čerpadla a proč je nutné zálohovat elektrickou energii. Také jsem se věnoval základním vlastnostem a rozdělení komerčně dostupných DC/AC měničů. V poslední části této kapitoly jsem se okrajově zaměřil na rozdělení a vlastnosti akumulátorů. V další kapitole jsem se zabýval návrhem a realizace záložní jednotky včetně nabíječky. V poslední části jsem ověřil funkčnost mnou navrženého zařízení.

## **Klíčová slova**

Záložní zdroj, UPS, DC/AC měnič, Akumulátor, Oběhové čerpadlo, LM317

## **Abstract**

This thesis deals with backup power for the circulation pump. At the beginning of the second chapter we introduce the basic types of backup power sources. Afterwards I analyzed on circulators and why you need to backup power. I have also addressed basic properties and distribution commercially available DC / AC inverters. In the last section of this chapter I have focused on the marginal distribution and performance of the battery. In the next chapter I have dealt with the design and implementation of a backup unit including charger. In the last part I verified the functionality of my designed devices.

## **Key word's**

Backup power supply, UPS, DC / AC inverter, Accumulator, circulation pump, LM317

## **Seznam použitých symbolů a zkratek:**

AC - Střídavé napětí

C – Kapacita [F]

DC - Stejnoseměrné napětí

f - Frekvence [Hz]

I - Proud [A]

P – Výkon [W]

R – Odpor [ $\Omega$ ]

t - Čas [s]

R – Odpor [ $\Omega$ ]

U - Napětí [V]

UPS – Nepřerušitelný zdroj energie

## **Obsah**

1	Úvod .....	1
2	Proveďte rozbor možností řešení zálohy energie pro oběhová čerpadla .....	1
2.1	Záložní zdroje – UPS .....	1
2.1.1	OFF-LINE .....	1
2.1.2	LINE interactive .....	2
2.1.3	ON-LINE .....	3
2.2	Oběhová čerpadla .....	5
2.2.1	Rozdělení oběhových čerpadel podle regulace otáček .....	6
2.2.2	Řešení problému při výpadku elektrické sítě .....	7
2.3	DC/AC měniče .....	9
2.3.1	Měniče pracující na analogovém principu .....	9
2.3.2	Měniče na principu spínaného zdroje .....	11
2.3.3	Základní rozdělení měničů .....	13
2.4	Akumulátory .....	15
2.4.1	Základní vlastnosti akumulátoru .....	15
2.4.2	Rozdělení akumulátorů podle způsobu udržby .....	16
2.4.3	Nabíjení olověného akumulátoru .....	16
3	Navrhněte a realizujte záložní jednotku pro oběhové čerpadlo s využitím komerčně dostupných DC/AC měničů .....	17
3.1	Nabíječka .....	17
3.1.1	Komparátory .....	17
3.1.2	Stabilizátor LM317 .....	19
3.1.3	Schéma nabíječky .....	21
3.2	Návrh přepínací logiky záložního zdroje .....	22
3.3	Výroba plošného spoje .....	23
3.3.1	Eagle .....	23
3.3.2	Zhotovení plošného spoje .....	23
3.4	Osazení součástek .....	24
3.5	Umístění do krabice a fotky zařízení .....	25
4	Ověřte funkčnost realizovaného zařízení a popište možnosti a podmínky jeho využití ..	27
5	Závěr .....	30
6	Citace .....	30

# 1 ÚVOD

Tuto bakalářskou práci jsem si vybral, protože mě zaujal název „Záložní zdroj pro oběhové čerpadlo.“ Velmi mě zajímalo, proč se v dnešní době v topných systémech používá oběhové čerpadlo. Zaměřím se na možnost zálohy elektrické energie pro oběhová čerpadla. V první části chci definovat základní pojmy. Budu se zabývat různými technologiemi záložních zdrojů a také se podívám na parametry a energetickou náročnost oběhových čerpadel. Musím také definovat základní parametry a rozdělení DC/AC měničů. Krátce se také chci zmínit o olověném akumulátoru, jako zdroji elektrické energie pro oběhové čerpadlo. V druhé části mám navrhnout a realizovat záložní jednotku, která by měla mít také vlastní nabíječku a ta bude hlídat napětí na akumulátoru. Hlavním prvkem záložní jednotky je DC/AC měnič. Při realizaci mám použít komerčně dostupné zařízení. V poslední části mám ověřit funkčnost záložní jednotky.

## 2 PROVEĎTE ROZBOR MOŽNOSTÍ ŘEŠENÍ ZÁLOHY ENERGIE PRO OBĚHOVÁ ČERPADLA

### 2.1 ZÁLOŽNÍ ZDROJE – UPS [1] [2]

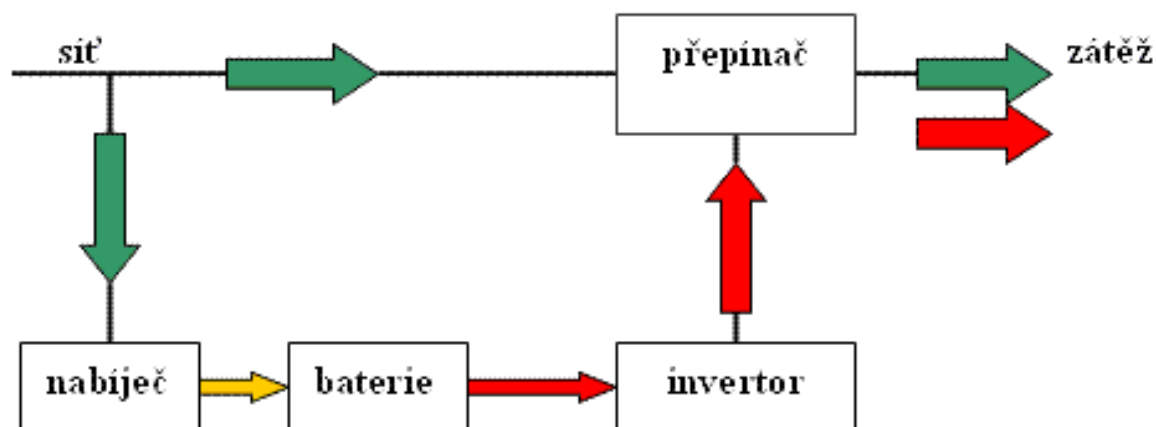
Zdroje nepřetržitého napájení - UPS, zkratka je odvozena z anglické názvu Uninterruptible Power Source. Záložní zdroje jsou používány většinou ve výpočetní technice, kde požadujeme určitý čas na ukončení rozdělané práce, obvykle se pohybuje okolo 5–10 minut. Samozřejmě se záložní zdroje vyskytují i v jiných aplikacích. Poruchy napájecí sítě mohou být různého charakteru. Mohou být příčinou nějakého divného chování počítače nebo jiného zařízení. Následkem různých poruch napájecího napětí, krátkodobých rušivých impulsů a špiček, případně přepětí nebo podpětí, může docházet k poruchám hardwaru nebo softwaru. Dalším problémem je úplný výpadek napájecí sítě. U některých citlivých zařízení, jako jsou třeba pevné disky v počítači, se vyplatí používat záložní zdroj, protože mnohdy je větší škoda v datech než v poničeném hardwaru. Existuje více druhů technologií záložních zdrojů a jednotlivé druhy si vysvětlíme v následujících podkapitolách.

#### 2.1.1 OFF-LINE

Záložní zdroje UPS typu off-line napájejí připojené zařízení přes filtr přímo z distribuční sítě bez jakékoliv napěťové regulace. Akumulátor, který je hlavním prvkem UPS, je dobíjen z elektrické sítě pomocí usměrněného napětí. Pokud je napájecí napětí sítě mimo nastavené tolerance, to znamená že dojde k přepětí nebo podpětí anebo dojde k výpadku, záložní zdroj



přepne pomocí přepínače na napájení z baterie. V tomto stavu je potřebná elektrická energie čerpaná z akumulátoru. Na akumulátor je připojen DC/AC měnič, na výstupu měniče je stabilizované střídavé napětí a podle typu měniče je obvykle sinusového nebo obdélníkového průběhu. Doba přepnutí záložního zdroje pomocí přepínače se udává menší než 10 ms. Při přepínání provozních režimů dochází ke krátkodobému výpadku v napájení zátěže. Toto uspořádání umožňuje využít množství prvků zdroje v obou provozních režimech. Tím se zařízení značně zjednoduší a sníží se jeho cena. Zdroje typu off-line se používají na méně důležitých zařízeních, kde nám nevadí malé potlačení poruch sítě, větší kolísání výstupního napětí nebo několika milisekundové výpadky při přepnutí. Poruchy a rušivé vlivy nejsou tak dobře potlačeny jako u dalších typů záložních zdrojů. Většina výrobců záložních zdrojů již nabízí záložní zdroje s line-interactive technologií nebo zdroje s on-line technologií.

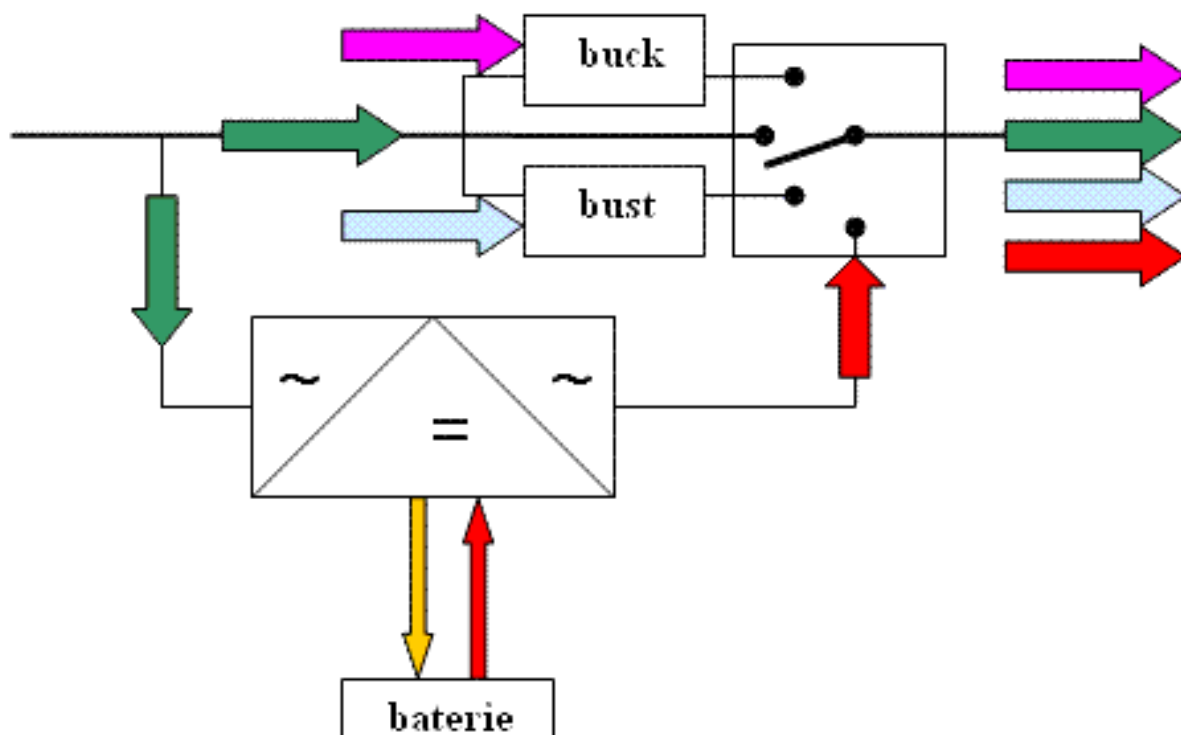


Obr. 1 technologie off-line [2]

### 2.1.2 LINE interactive

Tento typ záložních zdrojů zdokonaluje předchozí variantu zdrojů typu off-line. Vylepšenou funkcí tohoto zdroje je, že umožňuje v přítomnosti síťového napětí s menším přepětím nebo podpětím staticky stabilizovat výstupní napětí záložního zdroje bez nutnosti přepínat na provoz z akumulátoru. Z tohoto důvodu se snižuje zbytečné zatížení a zvyšuje se životnost akumulátoru v záložním zdroji. Další možností je nutnost přepnutí záložního zdroje na akumulátor, než se vstupní napětí stabilizuje. Také elektrická zařízení připojené k záložnímu zdroji jsou chráněna od zbytečného zatěžování přepětím nebo podpětím v napájecí síti. Stabilizace výstupního napětí se realizuje po jednotlivých krocích, dle druhu záložního zdroje, v různých ne moc velkých krocích. U této technologie je také baterie dobíjena z napájecí sítě pomocí usměrněného napětí. Další společnou vlastností s technologií off-line je přepínání na provoz z baterií až ve chvíli, kdy je vstupní napětí v napájecí síti vyhodnoceno jako nevyhovující. To může být buď úplný výpadek napětí nebo napětí mimo toleranci. Při poruše sítě se elektrická energie opět čerpá z baterií a na výstupu je generované stabilizované střídavé napětí. Pokud nám vstupní napětí překročí přepínací úroveň, záložní zdroj se přepne do režimu zálohování, dále přepne odbočky na regulačním transformátoru a přepne se na napájení ze sítě. Tentokrát ovšem s jiným výstupním napětím záložního zdroje, které je už v požadované

toleranci. Poruchy a rušivé vlivy jsou potlačovány lépe než u záložních zdrojů typu off-line. To se ovšem týká pouze při pomalém kolísání napětí, kdy je to možné regulačním transformátorem eliminovat. Při přepínání provozních režimů záložního zdroje dochází opět ke krátkodobému výpadku napájení zátěže. Při regulování vstupního napětí dochází u této technologie v podstatě k dvojnásobnému přerušení. Tyto vlastnosti zdrojů typu line interactive nám opět určují použití této technologie na méně důležité elektrické zařízení, u kterých nám nevadí stupňovité kolísání výstupního napětí, případně nesinusové výstupní napětí nebo krátkodobé výpadky při přepínání. U lepších záložních zdrojů nedochází k výpadkům při přepínání regulačního transformátoru. Při úplném výpadku napájecí sítě není žádný rozdíl mezi funkcí zdroje off-line a line interactive. DC/AC měnič neboli střídač je opět napájen z baterie a současně dojde k přepnutí zátěže na výstup měniče. Doba přepnutí obvykle nepřesahuje dobu 4 milisekundy. Měnič napájí zátěž tak dlouho, dokud nedojde k obnově síťového napájení, případně dokud nedojde k vybití baterie na povolenou hranici. Při obnovení distribuční sítě dojde po synchronizaci s napájením k přepnutí zátěže na síť. Akumulátor se začne nabíjet, aby byl schopen pokrýt případné budoucí výpadky sítě.

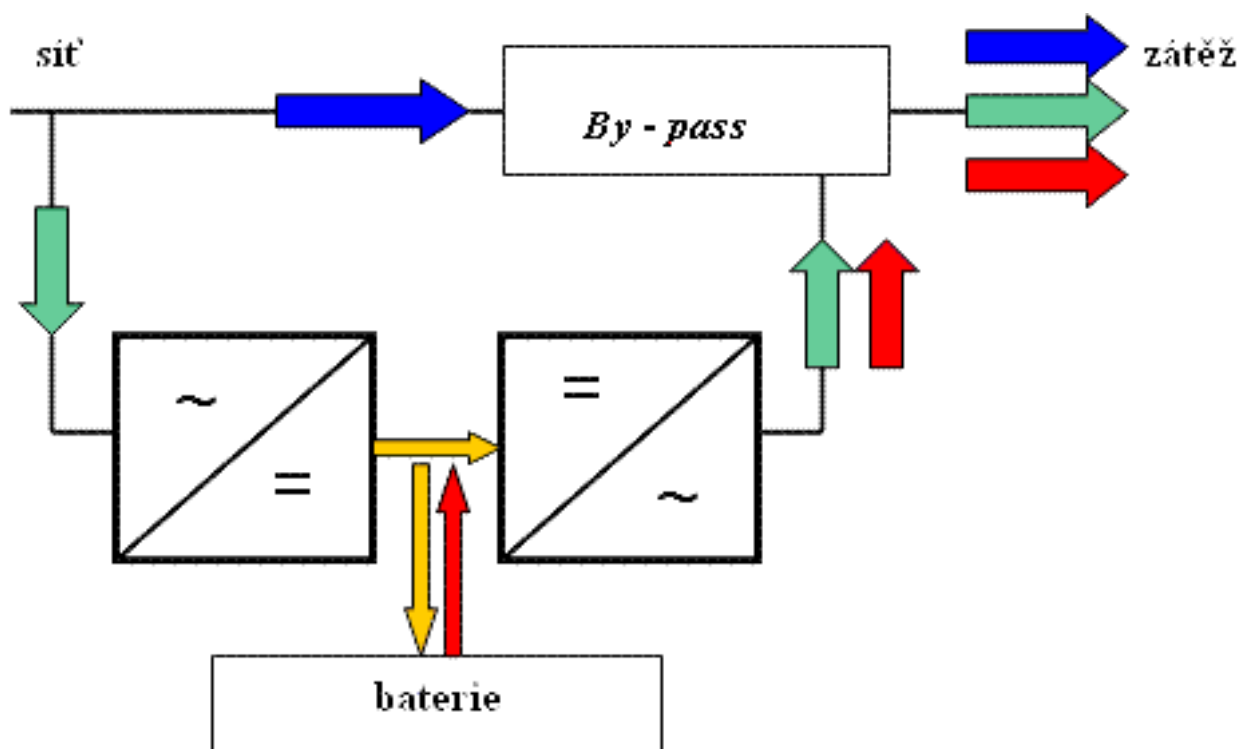


Obr. 2 technologie line interactive [2]

### 2.1.3 ON-LINE

Tato technologie záložních zdrojů je považována za nejdokonalejší, což se samozřejmě také projeví na pořizovací ceně. Vstupní síťové napětí prochází usměrňovačem neboli vstupním měničem AC/DC, který slouží jako nabíječka baterie a zároveň také napájí střídač. Připojená zařízení jsou napájena přímo ze střídače. Střídač generuje již přímo požadované stabilizované střídavé napětí. Při výpadku nebo poruše napájecí sítě je střídač ihned, bez jakéhokoliv prodlení,

napájen ze vstupní baterie. Veškeré poruchy a různé rušivé vlivy napájecí sítě jsou odrušeny, z důvodu nezávislosti výstupního na vstupním napětí. Tento typ záložních zdrojů je obvykle vybaven obtokem (BYPASS), který má za úkol automaticky přepnout zálohovanou zátěž přímo do distribuční sítě, buď při velkém přetížení nebo jakékoli poruše střídače. V případě tohoto přepnutí nebo výpadku napájecí sítě není na výstupním napětí záložního zdroje patrná žádná změna, přechod je zcela plynulý, a proto se zde nedefinuje ani žádná přepínací doba. Záložní zdroje typu ON-LINE mají na výstupu již přednastavené konstantní generované sinusové napětí, které díky usměrnění není závislé na přesné hodnotě vstupního napětí a nezatěžuje akumulátor. Jedna z nevýhod této architektury je výrazně nižší účinnost obvykle okolo 90%, účinnost vyplývá ze ztráty způsobené dvojitou změnou energie. Další nevýhodou této technologie je nutnost aktivního chlazení z důvodu velkého množství vyprodukovaného tepla. Z důvodu malé účinnosti této technologie se obvykle používá možnost takzvaného ECO – režim. Při tomto režimu záložní zdroj napájí zátěž přes automatický obtok (BYPASS), avšak střídač pracuje jakoby naprázdno a výstupní napětí je ve stejné fázi jako napětí sítě. V případě nějaké poruchy na vstupním napětí, záložní zdroj přejde spojitě na napájení zátěže ze střídače. V tomto režimu je účinnost 97-98%. Tato technologie je určena pro aplikace, kde požadujeme vysokou náročnost na kvalitu napájení.



Obr. 3 technologie on-line [2]

## 2.2 OBĚHOVÁ ČERPADLA [3] [4]

Oběhová čerpadla se používají u systému vytápění s nuceným oběhem vody. Existují ještě topné systémy, které pro svou činnost nepotřebují oběhové čerpadlo a fungují se širšími průměry trubek. U takových topných systému je voda rozváděna automaticky díky zákonu šíření tepla prouděním. Teplá voda proudí směrem nahoru a studená proudí směrem dolů. Samozřejmě toto řešení má určité nedostatky, jelikož kotel musí být umístěn o patro níže. Další nevýhodou je množství vody v topném systému a delší doba nahřívání. Proto v dnešní době používáme tenké měděné trubky, s menším množstvím vody v systému, ale musíme používat nucený oběh (čerpadlo).

Zdrojem síly, která je potřebná pro oběh vody, je oběhové čerpadlo. Voda v topném systému je nucena proudit větší rychlostí, proto jej nazýváme nucený oběh. Abychom předešli nežádoucímu hučení vody v potrubí, nesmí rychlost proudění v trubce překročit hodnotu asi 1 m/s.

Požadavky na oběhové čerpadlo bychom měli zvolit tak, aby oběhové čerpadlo bylo schopné se přizpůsobovat proměnlivým požadavkům systému na sdílení tepla. Při výběru oběhového čerpadla je nutné vybírat podle dostupných parametrů. Parametry uváděné u čerpadel jsou především dimenze připojení, maximální průtok čerpadla a maximální dopravní výška, dále třeba možnosti regulace čerpadla a energetická náročnost. Dopravní výška nám udává, do jaké maximální výšky je schopné čerpadlo pohánět tekutinu. Dopravní výška se udává v metrech, ale také se může uvádět v jednotkách tlaku, což lze přímo přepočítat pomocí vzorce pro hydrostatický tlak. Výška 10 metrů odpovídá tlaku přibližně 1 baru, což je 100 kPa. Dalším důležitým parametrem je maximální průtok, který nám udává, kolik kapaliny přečerpá čerpadlo za jednotku času, obvykle v  $\text{m}^3/\text{h}$  nebo v  $\text{l}/\text{min}$ .

V topných systémech se používají výhradně odstředivá čerpadla. Čerpadla můžeme rozdělit podle základního provedení na mokroběžná, které se vyrábějí do dopravní výšky 15 metrů, a suchoběžná, které jsou pro dopravní výšky 10 až 50 metrů. Suchoběžná oběhová čerpadla mají větší oběžné kolo, aby mohli dávat větší tlak, což odpovídá větší dopravní výšce. Základním rozdílem mezi suchoběžnými a mokroběžnými čerpadly je v tom, že u mokroběžného čerpadla proudí kolem všech rotujících částí otopná voda, která obstarává mazání ložisek i chlazení motoru. Mokroběžná čerpadla by se neměli spouštět bez vodní náplně, protože hrozí jejich zničení z důvodu nechlazení. Suchoběžné čerpadla otopnou vodu oddělují a valivá ložiska mají samostatné mazání a motor se chladí samostatně obvykle vzduchem. Oběhová čerpadla menších výkonů se obvykle montují přímo mezi potrubí. V systémech vytápění se výhradně používají oběhové čerpadla mokroběžná s umístěním přímo do potrubí.

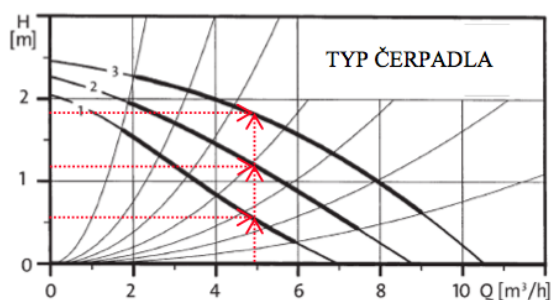
Průtočné množství kapaliny a zvyšování tlaku čerpadla jsou navzájem závislé. U konstantních otáček čerpadlo čerpá velký objem vody při nízkém tlaku, nebo malý objem vody při vysokém tlaku. Vzájemnou závislost dopravní výšky neboli tlaku a průtočné množství kapaliny nám vyjadřuje charakteristiku čerpadla, kterou stanoví výrobce čerpadla. Z této charakteristiky můžeme získat tlak čerpadla při určitém průtočném množství dopravované vody.



Obr. 4 oběhové čerpadla [4]

### 2.2.1 Rozdělení oběhových čerpadel podle regulace otáček

- a) bez regulace otáček: Oběhové čerpadlo má pouze jednu pracovní křivku charakteristiky čerpadla. Takové oběhové čerpadlo má pouze jednu hodnotu příkonu. Tyhle typy čerpadel se v topných systémech používají jen výjimečně.
- b) s manuální regulací otáček: Obvykle je možnost nastavení dvou nebo tři rychlosti otáček oběžného kola, přepínač otáček můžeme vidět na obrázku čerpadla uvedeného vpravo. Tyhle druhy čerpadel mají více pracovních křivek. Jak můžeme vidět na obrázku 5, tak uvedené čerpadlo má pro zvolený průtok tři pracovní body. V každé jednotlivé poloze je jiný elektrický příkon čerpadla, čerpadlo uvedené na obrázku číslo 4 umístěné vpravo má příkon 30, 45 a 60W.



Obr. 5 charakteristiky oběhového čerpadla [3]

- c) s plynulou elektronickou regulací otáček: Tato oběhová čerpadla jsou nejlepší, a zároveň nejdražší. Tyto čerpadla jsou určena k zajištění cirkulace vody v topných soustavách s proměnným průtokem, což se hodí asi do každé domácnosti. Oběhové čerpadlo podle potřeby nastaví optimální pracovní bod čerpadla, a také automaticky řídí výkon

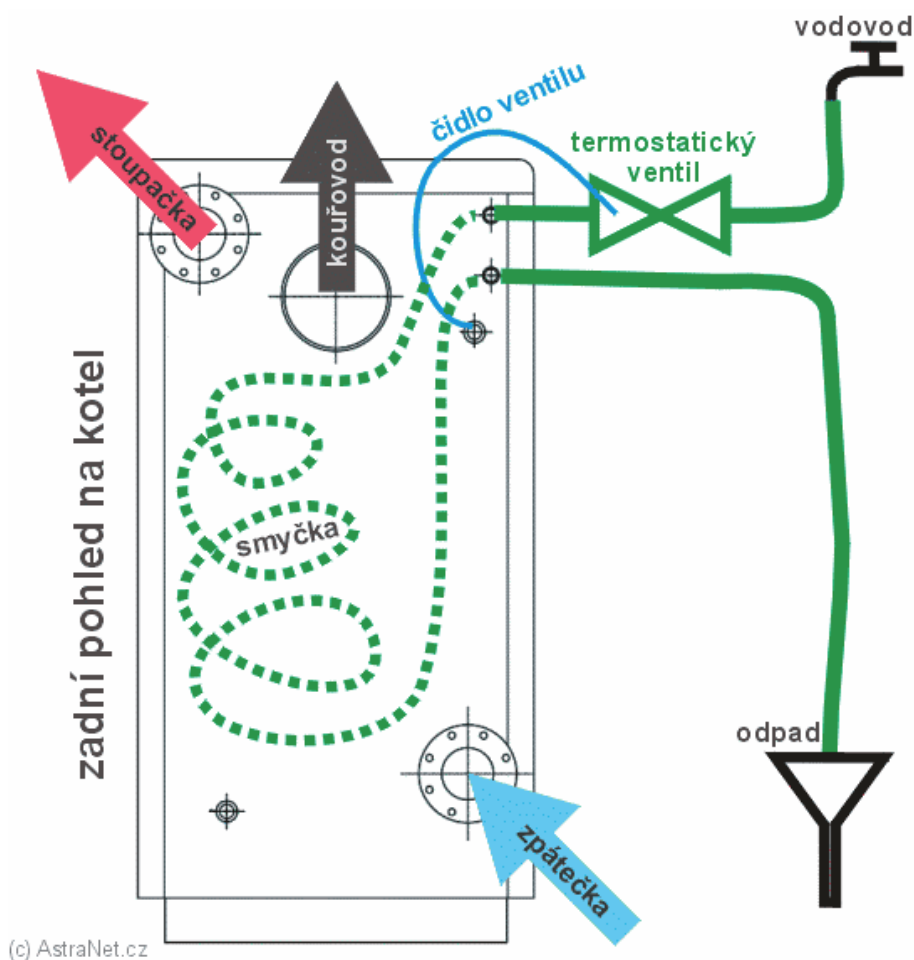
čerpadla. Z toho vyplývá že příkon čerpadla je proměnný, čerpadlo uvedené na obr. 5 vlevo má příkon 5 až 22W. Cena takového úsporného čerpadla je téměř dvojnásobná. Pro záložní systémy je takové čerpadlo ideální.

### 2.2.2 Řešení problému při výpadku elektrické sítě

Oběhové čerpadlo je závislé na elektrické energii napájecí sítě. V případě výpadku elektrické sítě se oběhové čerpadlo zastaví. Voda v topném systému přestane kolovat a teplo z kotle přestává být odváděno do radiátorů. Voda v kotli se začíná zahřívat a později měnit v páru, v tomto případě hrozí zničení kotle. Nejlepším řešením je být po celou dobu topení stále doma a při výpadku elektrické sítě kotel okamžitě uhasit. Toto řešení není zrovna ideální, a proto se pro ochranu kotle používají nějaké automatické systémy.

#### a) Dochlazovací smyčka [5]

Podle předpisů by měli být všechny nově vyrobené kotle vybaveny takzvanou dochlazovací smyčkou. Jedná se o bezpečnostní zařízení, které má za úkol zabránit přetopení kotle a následným škodám na zdraví a majetku. Princip zapojení dochlazovací smyčky si můžeme prohlédnout na obrázku 6.



Obr. 6 dochlazovací smyčka [5]

Dochlazovací smyčka funguje na principu, že přímo v kotli nebo těsně za ním je nainstalována spirálová trubice. Tato trubice se připojí na jedné straně k vodovodu a na straně druhé se vyvede přímo do odpadu. Mezi hadicí z vodovodu a kotel se připojí termostatický ventil s čidlem umístěným na kotel. Termostatický ventil funguje tak, že za normální teploty je uzavřený. Pokud dojde k překročení teploty vody v kotli nad 95 °C nebo víc, tak se ventil otevře a poteče do smyčky studená voda z vodovodu. Voda prochází smyčkou a tím ochlazuje topnou vodu v kotli, avšak se s topnou vodou nemíchá. K ochlazování topné vody dochází pomocí stěn smyčky. Chladicí voda vychází ze smyčky ohřátá a hadicí je vedena do odpadu. Chlazení probíhá po dobu než teplota kotle klesne pod limitní hodnotu, v tomto případě se uzavře termostatický ventil, a zastaví se přívod studené vody. Cena dochlazovací smyčky se na internetu pohybuje okolo 2000 Kč dle značky kotle. Myslím si, že se investice do takového systému vyplatí. Nevýhoda tohoto řešení je, že teplá voda je odváděna do kanálu. Pokud používáme domácí vodárnu, tak při výpadku elektrické sítě nepoteče ani voda. Z tohoto důvodu musí být systém napojen na veřejný vodovod.

#### b) Záložní zdroj

Dalším řešením je použití náhradního neboli záložního zdroje, který nám umožní i při výpadku elektrické sítě topit. Záložní zdroj napájí oběhové čerpadlo a nehrozí žádné nebezpečí poškození kotle. Výhoda záložního zdroje oproti ochlazovací smyčky je, že v případě výpadku elektrické sítě, normálně topíme a teplo přenášíme do radiatorů. Je důležité aby akumulátor, který je zdrojem energie, byl nabitý. Také je důležité, abychom věděli, jak dlouho nám záložní zdroj dokáže napájet oběhové čerpadlo. Tato doba je ovlivněna kapacitou akumulátoru a také spotřebou oběhového čerpadla. Cena takového záložního zdroje, komerčně dostupného, se pohybuje podle výstupního výkonu od 3000 do 8000 Kč. Výhodou je také, že záložní zdroj můžeme použít i pro napájení třeba plynového kotle, ale pro delší výpadky elektrické sítě bych doporučil spíše benzinovou centrálu. Záložní zdroj je lepším řešením oproti dochlazovací smyčky, což platí jen při výpadku sítě. V případě nějaké poruchy oběhového čerpadla, je nám záložní zdroj k ničemu. Proto je nejlepším řešením použití dochlazovací smyčky i záložního zdroje.

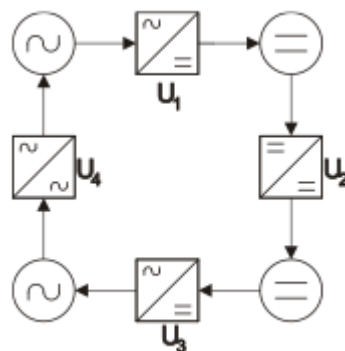


Obr. 7 záložní zdroj [4]



## 2.3 DC/AC MĚNIČE

Obecně měniče slouží ke změně parametrů a druhu elektrické energie. Základními druhy měniče jsou usměrňovače ( $U_1$ ), stejnosměrné měniče napětí ( $U_2$ ), napět'ové střídače ( $U_3$ ), střídavý měnič napětí nebo přímý měnič kmitočtu ( $U_4$ ). Princip jednotlivých měničů si můžeme všimnout na Obr. 8.



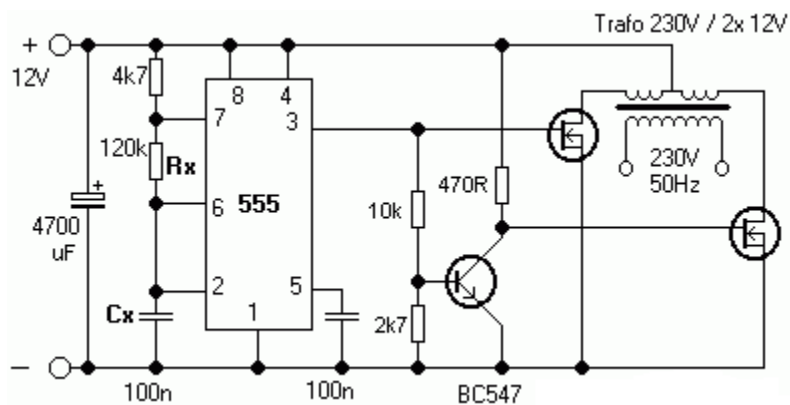
Obr. 8 měniče napětí [6]

Především se zaměříme na měniče napětí, jejichž přesnějším názvem je střídač nebo se nazývá DC/AC měnič. Tyto měniče napětí přeměňují stejnosměrné napětí a proud na střídavé napětí a proud obvykle vyšších hodnot. Nejčastěji se připojují na baterii 12 V nebo 24 V. Základní úlohou DC/AC měniče je upravit vstupní napětí a proud z baterie tak, aby na výstupu měniče bylo střídavé napětí o velikosti 230 V, což je hodnota evropské napájecí sítě. Na toto napětí již můžeme připojit požadovaný spotřebič. Účinnost přeměny elektrické energie je vždy menší než 100 %, tak tedy přeměna elektrické energie má ztráty.

### 2.3.1 Měniče pracující na analogovém principu [7] [8]

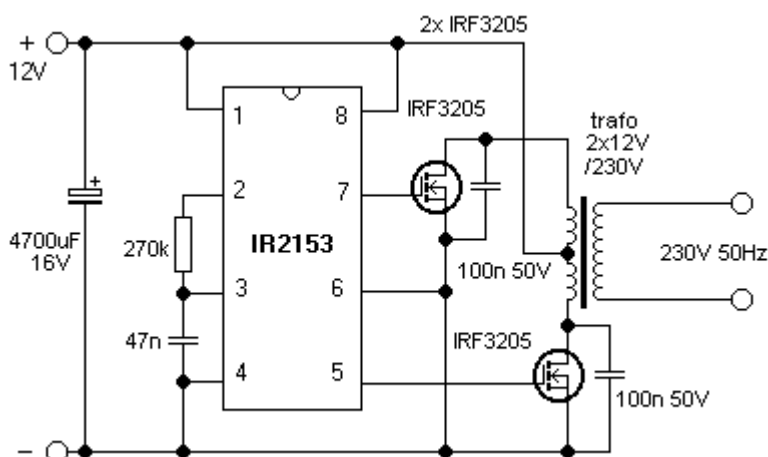
Do této skupiny, která je historicky starší, řadíme měniče pracující na analogovém principu. Zapojení převážně využívá dvoučinného střídače a klasický transformátor obvykle s železným jádrem. Podle způsobu buzení výkonových prvků, může být průběh výstupního střídavého napětí obdélníkový, lichoběžníkový nebo sinusový. Obecně můžeme říct, že čím více se tvar výstupního napětí vzdaluje od obdélníku a blíží se sinusovce, tím klesá účinnost této koncepce měničů. U obdélníkového výstupního průběhu je účinnost zhruba 90%. Tyto měniče mají některé výhodné vlastnosti. Jsou konstrukčně velmi jednoduché a spolehlivé. Výstup napětí je transformátorem galvanicky oddělen od vstupního napětí. Nevýhody jsou především rozměry a váha transformátoru.





Obr. 9 DC/AC měnič s 555 [8]

Na obrázku 9 je představeno zapojení se známým časovačem 555. Časovač pracuje jako astabilní klopný obvod, frekvenci nám ovlivňují velikosti odporu  $R_x$  a kondenzátoru  $C_x$ . Požadovaná frekvence je 50Hz, což je frekvence napájecí sítě. Jako spínače slouží Mosfet tranzistory vodivosti typu N. Jeden je buzený přímo z 555, druhý je buzen pomocí tranzistoru BC547, který slouží jako invertor. Zatížení měniče závisí na tranzistorech, a také na velikosti chladičů a použitém transformátoru. Transformátor je použit s dvěma sekundárními vinutími 12 V a musí odpovídat požadovanému výkonu měniče. Zatížení měniče musí odpovídat i chladiče obou výkonových mosfet tranzistorů. Vstupní DC zdroj musí být dostatečně tvrdý, napájecí napětí by se mělo pohybovat v rozmezí 11 – 14 V. Jako DC zdroj se může použít olověný akumulátor, který má požadované vlastnosti. V přívodu měniče by bylo vhodné umístit pojistku odpovídající hodnoty. Účinnost tohoto měniče se pohybuje v rozmezí 60 až 80%. U spotřebičů, které nepožadují frekvenci 50Hz, je možné frekvenci zvýšit, na hodnotu 100 - 300Hz. Při větší frekvenci se sníží klidová spotřeba měniče. Frekvenci nastavíme změnou hodnot součástek  $R_x$  a  $C_x$ . Tranzistory MOSFET musí odpovídat požadovanému výkonu měniče. V případě velkých výkonů je možné spojovat tranzistory paralelně.



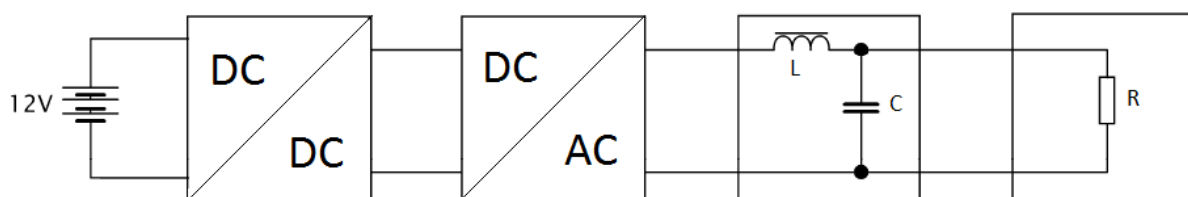
Obr. 10 DC/AC měnič s IR2153 [8]

Toto je vylepšená verze DC/AC měniče s obvodem IR2153. Schéma zapojení je uvedeno na obr. 10, který se nachází výše. Tento obvod je pro měnič vhodnější než 555, protože je již

vybaven dvěma výstupy určenými speciálně pro buzení mosfet tranzistorů a ochranou proti nízkému napájecímu napětí baterie. Pokud vstupní napětí klesne pod hodnotu 10,5V, obvod přestane fungovat a zabrání se poškození akumulátoru. Toto zapojení má vysokou účinnost a větší spolehlivost měniče. Obvod IR2153 generuje na vývodech 5 a 7 střídavé pulzy, které jsou časově posunuty. Tyto pulzy jsou přiváděny na vstupy tranzistoru, tranzistor sepne a protéká jím proud do vinutí transformátoru. Transformátor je opět s dvěma sekundárními vinutími 12 V. K doladění přesné frekvence je vhodné místo rezistoru 270 k $\Omega$  použít sériovou kombinaci rezistoru a trimru.

### 2.3.2 Měníče na principu spínaného zdroje [9]

Tyhle měniče jsou už trochu modernější, a pracující na principu spínaných zdrojů. Stejnosemné napětí obvykle 12 V je pomocí spínacích prvků změněno na střídavé napětí o vysoké frekvenci (50-100 kHz). Napětí je pomocí transformátoru s feritovým jádrem, transformováno na požadovanou hodnotu. Transformátor převádí celý výkon měniče, ale díky vysoké frekvenci je velmi malých rozměrů. Napětí je dále usměrněno a pomocí střídače, rozstřídáno na požadované napětí a frekvenci. Měníče jsou velmi malé, lehké a s vysokou účinností okolo 90%.



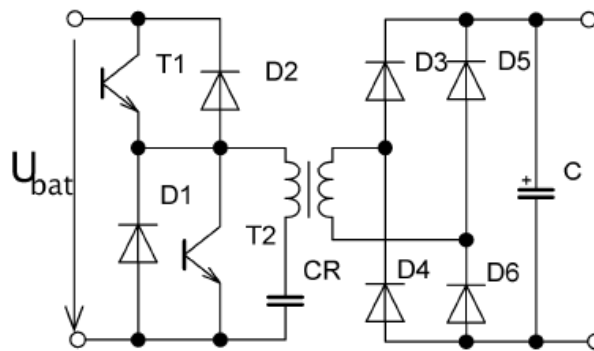
Obr. 11 blokové schéma měniče [9]

Z blokového schématu si můžeme všimnout, z čeho se skládá měnič napětí z 12/230V. Jednotlivé bloky si blíže popíšeme:

- a) DC/DC měnič:
- b) DC/AC měnič
- c) LC filtr

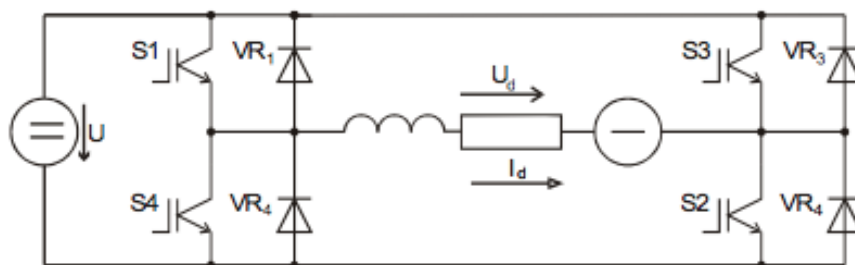
- a) DC/DC měnič:

Tento obvod se v našem případě používá pro zvýšení malého napětí baterie na napětí vyšší hodnoty. Jedná se o převod stejnosměrného napětí. Příklad zapojení takového obvodu je uvedeno na obrázku výše. Z obrázku 12 si můžeme všimnout, že je napětí nejprve rozstřídáno pomocí tranzistoru obvykle mosfet. Poté je transformátorem převedeno na vyšší hodnotu střídavého napětí a pak usměrněno a filtrováno pomocí kondenzátoru.



Obr. 12 DC/DC měnič [9]

b) DC/AC měnič:



Obr. 13 DC/AC měniče měničů [6]

Zapojení DC/AC měniče zobrazeného na obr. 13 se používá pro rozstřídání stejnosměrného napětí  $U$ . Tento obvod se nazývá střídač. K rozstřídání slouží čtyři vypínatelné součástky  $S_1$  až  $S_4$  obvykle tranzistory nebo vypínací tyristory. K tranzistorům jsou antiparalelně zapojeny diody  $VR_1$  až  $VR_4$ , které tvoří zpětný usměrňovač. Sepnutí vypínatelných součástek nám určuje programový úhel  $\psi$ . Někdy je označován jako úhel sepnutí. Je to doba mezi začátkem a koncem spínacího pulsu přiváděného na tranzistor. Rozsah  $\psi$  je omezen na maximální hodnotou  $\pi$ . Programový úhel může tedy nabývat hodnoty 0 až  $\pi$ . Pro efektivní hodnotu  $U_d$  lze napsat tento vztah.

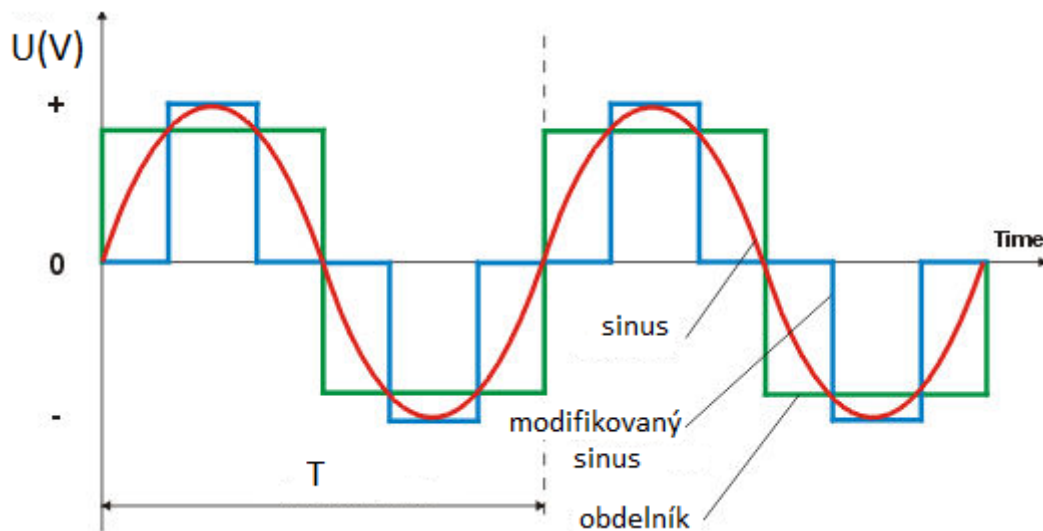
$$U_d = U * \sqrt{\frac{\psi}{\pi}} = 325 * \sqrt{\frac{90}{180}} = 230V \quad (1)$$

c) LC filtr: Slouží k vytvoření výstupního sinusového průběhu napětí. LC filtr dokáže vytvořit sinusový průběh s vysokou přesností. Každý měnič nemá na výstupu sinusový průběh. V další podkapitole se podíváme na základní rozdělení měničů, kde se také chci zaměřit na výstupní napětí měničů.

### 2.3.3 Základní rozdělení měničů [10] [11]

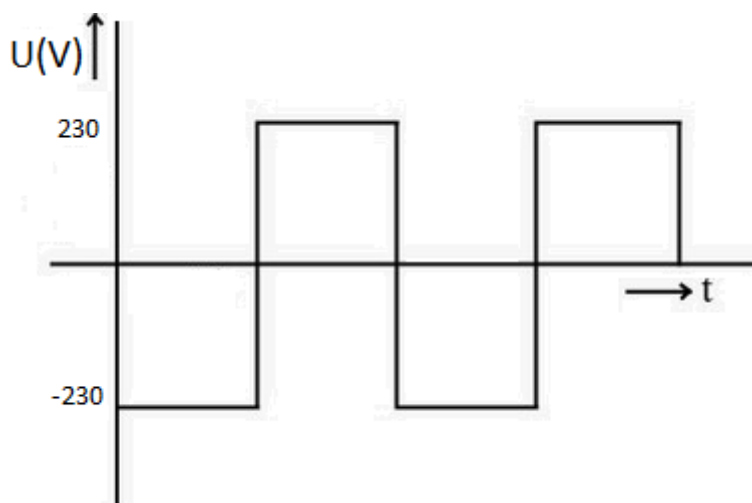
I. Podle tvaru výstupního napětí:

- a) obdélníkový průběh
- b) modifikovaný sinus
- c) hladký sinusový průběh



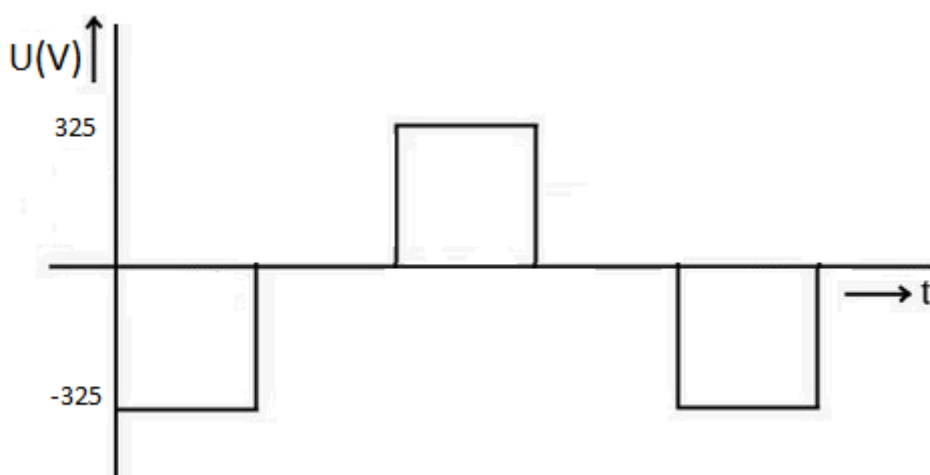
Obr. 14 porovnání tvaru výstupních napětí měničů [12]

- a) Měnič s obdélníkovým průběhem: Obdélníkového průběhu si můžeme všimnout na obrázku níže. U DC/AC měniče s tímto průběhem, jak vidíme z obrázku je amplituda rovna 230V. Efektivní hodnota z obdélníkového průběhu je rovná amplitudě signálu. Požadovaná efektivní hodnota 230V odpovídá napájecí síti, avšak amplituda napájecí sítě je odlišná. U napájecí sítě je amplituda přibližně 325 V a může nastat problém u spotřebičů s usměrňovačem.



Obr. 15 obdélníkový průběh napětí

- b) Měnič s modifikovaným sinusem: Na výstupu toho měniče je průběh zobrazen na obrázku 16. Z průběhu napětí si všimneme, že amplituda je stejná jako u napájecí sítě. Efektivní hodnota se dá snadno vypočítat. Většině připojených spotřebičů tento průběh výstupního napětí nečiní žádné potíže. U oběhových čerpadel připojených k těmto měničům napětí, může docházet při provozu k lehkému chvění čerpadla. Takové chvění by nemělo mít žádný vliv na životnost čerpadla a čerpadlo není obvykle připojeno k měniči trvale.



Obr. 16 průběh napětí – modifikovaný sinus

- c) Měnič s hladkým sinusovým průběhem: Výstupním průběhem je čistá sinusovka, můžeme říci, že téměř ideální sinusoida. Tyto měniče mohou mít lepší průběh než v napájecí síti. Tento typ měničů obvykle napájejí citlivé elektronické přístroje. Použití třeba v lékařství. Samozřejmě si můžeme takový měnič koupit na napájení oběhového čerpadla, ale musíme počítat, že bude několikanásobně dražší.

## II. Podle výkonu:

U výběru DC/AC měničů je to jeden z nejdůležitějších parametrů. U komerčně dostupných měničů se uvádějí tyto parametry:

- trvalý výkon měniče: Uvádí nám maximální výkon, který je měnič schopen dodávat trvale po dobu několika minut až hodin. Při výběru měniče volíme tento výkon s ohledem na požadovanou zátěž. Například pro spotřebič 200W bychom měli zvolit měnič aspoň 300W, rozhodně nekupovat měnič přesné hodnoty. Na druhou stranu bychom neměli měnič moc předimenzovat.
- špičkový výkon měniče: jedná se o výkon, který je možné využít po dobu desítek až stovek milisekund. Můžeme říct, že se jedná o krátkou dobu. Tento výkon se dá využít pouze u některých spotřebičů s proudovou špičkou v okamžiku zapnutí.
- zvýšený výstupní výkon: U některých měničů se vyskytoval i takový parametr. Tento parametr je jen o něco málo větší než trvalý výkon měniče. Tento výkon je časově omezen. Doba je různá, podle typu měniče. Jedná se o desítky sekund až 30 minut.

### III. Podle vstupního napětí:

Měniče jsou standardně napájeny z jmenovité hodnoty napětí 12 V nebo 24 V. Narazil jsem také na měniče na 48 V. Výhoda měničů s větším napětím je, že proud tekoucí ze zdroje je menší. Musí zde platit základní vzorec pro výkon  $P = U \cdot I$ .

## 2.4 AKUMULÁTORY [13] [14]

Akumulátory nebo-li baterie, považujeme za zdroje elektrické energie, které mají vlastnost energii vydávat, ale také akumulovat nebo-li uchovávat. Z tohoto důvodu je nazýváme akumulátory. Základním principem funkčnosti akumulátoru při vybíjení je přeměna chemické energie na elektrickou. V případě nabíjení se mění elektrická energie na chemickou energii. Největší uplatnění akumulátorů je u motorových vozidel. Pro motorová vozidla se používají převážně olověné akumulátory. Je to z důvodu, že při startování motoru automobilů je požadovaný vysoký proud při nízkém poklesu svorkového napětí. Výhoda olověných akumulátorů je nízká cena. Nevýhoda je především hmotnost a rozměry akumulátoru. Akumulátor můžeme zařadit do skupiny sekundárních článků. Primární články nelze znovu nabít.

### 2.4.1 Základní vlastnosti akumulátoru

Kapacita akumulátoru se udává v jednotkách ampérhodin a vyjadřuje kolik energie je schopen akumulátor v sobě uchovat. Je dána součinem vybíjecího proudu a doby vybíjení. Kapacita se mění v závislosti na stáří. Zpočátku se kapacita zvyšuje, až do dosažení jmenovité hodnoty, poté kapacita postupně klesá opotřebením. Nejčastěji se u akumulátoru udává jmenovitá dvacetihodinová kapacita  $C_{20}$ . Tato kapacita odpovídá rovnoměrnému vybíjení akumulátoru po dobu 20 hodin při teplotě 27°C a proudem  $0,05C_{20}$  do snížení napětí 1,75 V na článek. To odpovídá u 12 V akumulátoru hodnotě 10,5 V. Skutečnou kapacitu akumulátoru určíme, když budeme akumulátor vybíjet proudem  $0,05C_{20}$  až klesne svorkové napětí akumulátoru na 10,5 V. Ze součinu proudu a vybíjecí doby určíme výslednou kapacitu.

Dalším důležitým parametrem je napětí akumulátoru. Napětí se udává ve voltech a jeho velikost se odvíjí od počtu článků. Na jeden článek je jmenovité napětí 2 V. Počtem článků určíme výsledné napětí. V případě, že máme šesti článkovou baterii, výsledné napětí je 12 V. Standardně se vyrábějí akumulátory pro napětí 6, 12 a 24 V. Napětí plně nabitého článku se udává okolo 2,4 V a napětí vybitého článku je již zmíněná hodnota 1,75 V. U akumulátoru nás taky bude zajímat možný nabíjecí a vybíjecí proud. Hodnota nabíjecího proudu se většinou omezuje na hodnotu desetiny kapacity. Vybíjecí proud se pohybuje podle druhu akumulátoru, v případě startovací baterie až stovky ampér. Největší vybíjecí proud poteče při vyzkratování. Při koupi nás budou zajímat také rozměry a hmotnost akumulátoru.

### 2.4.2 Rozdělení akumulátorů podle způsobu údržby

- a) Akumulátory vyžadující údržbu
  - b) Bezúdržbové akumulátory
- a) Akumulátory vyžadující údržbu řadíme mezi klasické baterie, které můžeme snadno poznat podle odvětrávacích zátek. Zátky jsou umístěny na víku akumulátoru. Účelem zátek je především kontrola hladiny elektrolytu a případné dolévání destilované vody. Také slouží k odvádění vodíku, který vzniká při nabíjení tzv. plynováním. Údržba akumulátoru spočívá hlavně v kontrole hladiny elektrolytu, který klesá při vybíjení a již zmíněným plynováním při nabíjení.
- b) Bezúdržbové akumulátory jsou v podstatě hermeticky uzavřené akumulátory. Z tohoto důvodu nemusíme kontrolovat hladinu elektrolytu, protože nám to není z konstrukčních důvodů vůbec umožněno. Zde můžeme kontrolovat mechanické zapojení svorek a stav nabití akumulátoru. Tento typ akumulátoru je vhodný pro záložní zdroj pro oběhové čerpadlo.

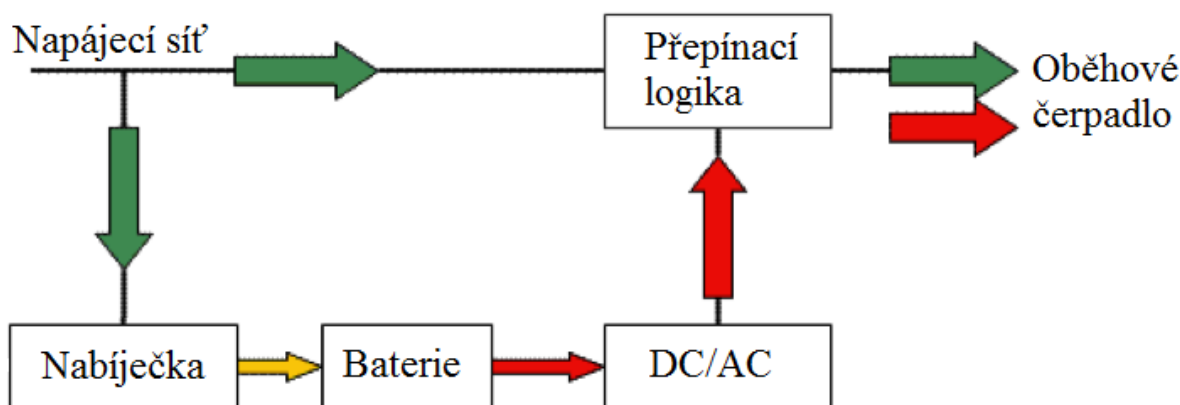
### 2.4.3 Nabíjení olověného akumulátoru

Přivedením napětí na vybitý akumulátor se začne působením nabíjecího proudu obnovovat elektrický náboj akumulátorů. Dobíjecí proud by měl nabíjet až do vzestupu napětí na hodnotu 14,4 V. U akumulátoru je nutné měřit hodnotu svorkového napětí, aby nedocházelo k přebíjení.

Jedna z metod nabíjení spočívá v nastavení konstantní hodnoty plynovacího napětí, které se uvádí v rozmezí 14,4-14,6 V. Při připojení nabíječky na akumulátor začne protékat proud, který závisí na vybití akumulátoru. Většinou se velikost výstupního proudu omezuje, abychom zabránili nadměrným proudům, které ničí akumulátor. Velikost svorkového napětí na akumulátoru postupně roste a dobíjecí proud klesá. Akumulátor považujeme za nabitý, pokud nabíjecí proud dosahuje hodnot v řádech mA. Výhoda tohoto typu nabíjení spočívá v rychlosti dobíjení a také nemusíme hlídat proud, který zde protéká. Tento způsob nabíjení je především vhodný pro bezúdržbové akumulátory.

Další metoda nabíjení je nastavením konstantní hodnoty proudu. Nabíječka se nastavuje na hodnotu proudu, který odpovídá hodnotě přibližně desetiny kapacity. Chceme-li nabíjet akumulátor o jmenovité kapacitě 20 Ah, musíme nastavit dobíjecí proud na 2 A. Tato metoda je pomalejší, akumulátor dobijeme přibližně za 10 hodin. Nevýhodou je konečný dobíjecí proud, který je stejně velký jako počáteční. Z tohoto důvodu hrozí přebíjení, které vede k ničení akumulátoru. Tato metoda má využití především s tzv. chytrou nabíječkou, která automaticky snižuje hodnotu napětí.

### 3 NAVRHNĚTE A REALIZUJTE ZÁLOŽNÍ JEDNOTKU PRO OBĚHOVÉ ČERPADLO S VYUŽITÍM KOMERČNĚ DOSTUPNÝCH DC/AC MĚNIČŮ



Obr. 17 Blokové schéma záložní jednotky [2]

Z obrázku výše vidíme blokové schéma, které odpovídá záložnímu zdroji s offline technologií. Tato technologie, je ideální pro námi požadovanou záložní jednotku. U oběhového čerpadla nám nevadí ani doba přepnutí. Z tohoto schématu můžeme vidět základní prvky záložní jednotky. Jednotlivé prvky včetně realizace si blíže popíšeme.

#### 3.1 NABÍJEČKA

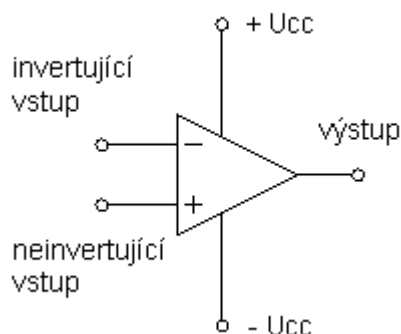
Základní funkci nabíječky je, aby v případě potřeby byla baterie připravena k napájení DC/AC měniče. Na baterii by nemělo být stabilně připojeno nabíjecí napětí, jelikož baterie by se přebíjela. Také by se výrazně krátila životnost akumulátoru. Z tohoto důvodu jsem měl vymyslet nějakou tzv. inteligentní nabíječku. Inteligentní nabíječka nabíjí baterii a až je baterie téměř nabitá, přepne na udržovací napětí. Plně nabitá baterie by měla dosahovat hodnoty napětí asi 14,5 V. Nabíjecí napětí se udává na mém akumulátoru 14,4-15 V. Udávaná hodnota udržovacího napájení je 13,5-13,8 V. Z tohoto důvodu je třeba vymyslet nějaké zapojení, které nám bude hlídat napětí na baterii a také přepínat požadované nabíjecí napětí.

##### 3.1.1 Komparátory [15] [17]

Komparátory slouží k porovnání napětí  $U_1$  s nastavenou napěťovou úrovní  $U_r$ . Výstupní úroveň komparátoru je dvoustavová. Na výstupu se objevuje kladné saturační napětí nebo

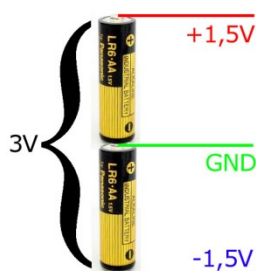


záporné saturační napětí, při symetrickém napájení operačního zesilovače. Základem komparátoru je již zmíněný operační zesilovač.

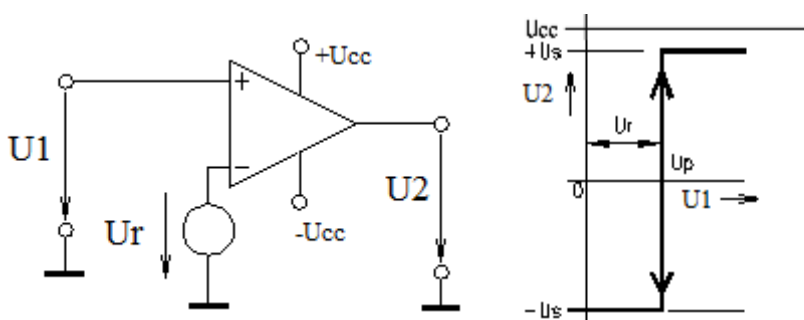


Obr. 18 operační zesilovač [15]

Operační zesilovač je v podstatě integrovaný obvod lineárního zesilovače. Vlastnosti operačního zesilovače se blíží vlastnostem ideálního zesilovače. Vlastnosti ideálního zesilovače je nekonečný vstupní odpor, nulový výstupní odpor a nekonečné zesílení. Podle obrázku vidíme, že každý operační zesilovač má dva vstupy a jeden výstup. Vstupu označeného – nazýváme invertující a + je neinvertující vstup. Z obrázku si můžeme také všimnout, že napájení operačních zesilovačů je většinou symetrické. Symetrické napájení má 2 stejné hodnoty napětí jen s opačným znaménkem (např. +15 0 -15). Nesymetrické napájení má pouze 1 hodnotu napětí. Rozdíl si můžeme všimnout na obr. 19.



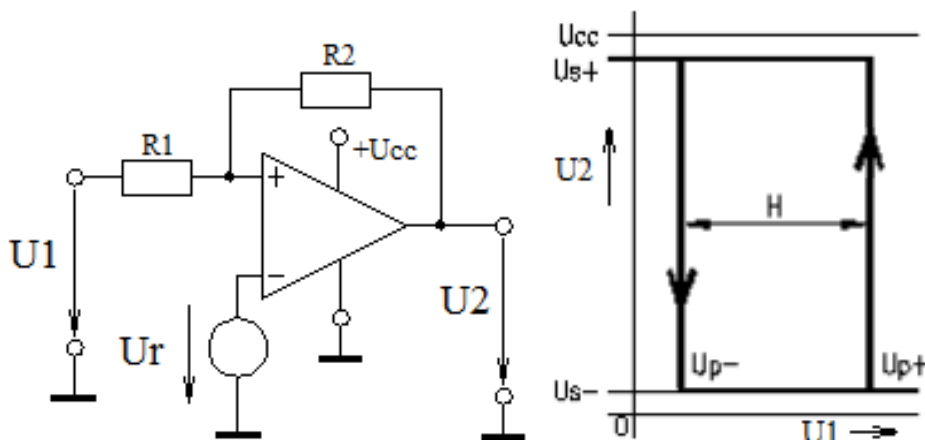
Obr. 19 symetrické a nesymetrické napájení [16]



Obr. 20 komparátor neinvertující se symetrickým napájením [17]

Komparátor uvedený na obrázku 20, dokáže při nastaveném napětí  $U_r$ , přecházet mezi kladnou a zápornou saturací. Jak vidíme z přechodové charakteristiky, pokud je napětí  $U_1$  větší

než  $U_r$ , tak výstupní napětí  $U_2$  je v kladné saturaci. V druhém případě je komparátor v záporné saturaci. V případě invertujícího zapojení je chování komparátoru opačné.

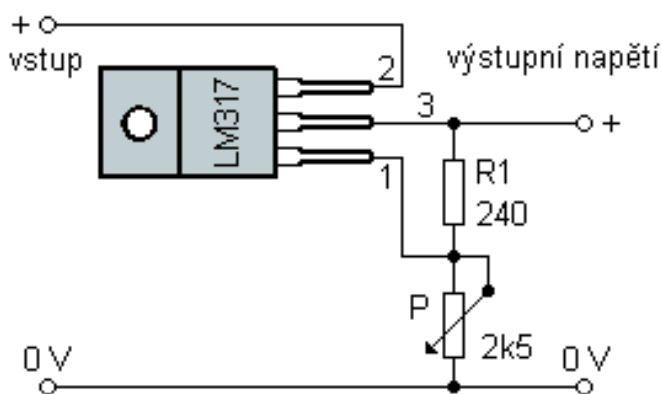


Obr. 21 komparátor neinvertující s hysterezi a symetrickým napájením [17]

Pro naše využití musí být použit komparátor s hysterezi. Pro jednoduchost zapojení je třeba použít nesymetrické napájení. Na obrázku můžeme vidět takové zapojení komparátoru. Na obrázku vidíme, že napětí na výstupu komparátoru je buď kladné saturační nebo je blízké nule. Toto zapojení se nám hodí při tvorbě nabíječky. Hodnoty  $U_p-$  a  $U_p+$  nastavíme pomocí rezistoru  $R_1$  a  $R_2$  a pomocí referenčního napětí  $U_r$ . Komparátor opět funguje na stejném principu, překlápí při rovnosti napětí na obou vstupech operačního zesilovače.

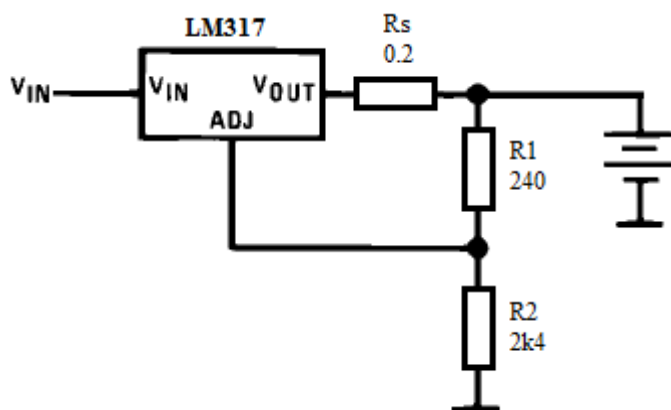
### 3.1.2 Stabilizátor LM317 [18] [19]

Stabilizátor LM317 patří mezi tzv. proměnné stabilizátory. Můžeme se s nimi setkat při realizaci zdrojů pro určité výstupní napětí, které nejsou standardně vyráběny v řadě pevných stabilizátorů. Nejznámějšími proměnnými stabilizátory jsou obvody LM317 pro kladná napětí a LM337 pro záporná napětí. Výhoda těchto stabilizátorů je, že má pouze 3 kontakty a žádný z kontaktů není uzemněn, tak jako u klasického stabilizátoru napětí. Nevýhodou LM317 je, že výstupní napětí nelze nastavit od nuly, ale pouze od referenčního napětí. Základní katalogové zapojení stabilizátoru si můžeme prohlédnout na obr. 22.



Obr. 22 zapojení LM317 jako stabilizátor nastavitelného napětí [18]

Integrovaný obvod je napájen díky rozdílu napětí mezi vývody 2 a 3. Aby mohl obvod pracovat správně, musí být rozdíl napětí mezi vývody nejméně 2,5 V. LM317 se chová tak, aby napětí mezi vývody 1 a 3 bylo právě 1,25 V, což je hodnota nejmenšího výstupního napětí. Pokud zapojíme mezi vývod 1 a zem trimr nebo potenciometr, můžeme změnou jeho odporu nastavit požadované výstupní napětí. Odpor potenciometru tvoří s rezistorem R1 napěťový dělič a na rezistoru R1 je zmíněné napětí 1,25 V. V katalogu je doporučený odpor rezistoru R1 240 Ohm. U tohoto odporu je také minimální odběr proudu. U obvodu LM317T, který je umístěn v pouzdře TO220, je výstupní proud až 1,5 A. Maximální rozdíl napětí mezi vstupem a výstupem je 40 V. Obvod je většinou nutné opatřit dostatečně velkým chladičem. V katalogových údajích LM317, je možné najít také zapojení pro nabíječku 12 V.



Obr. 23 zapojení LM317 jako nabíječka 12 V

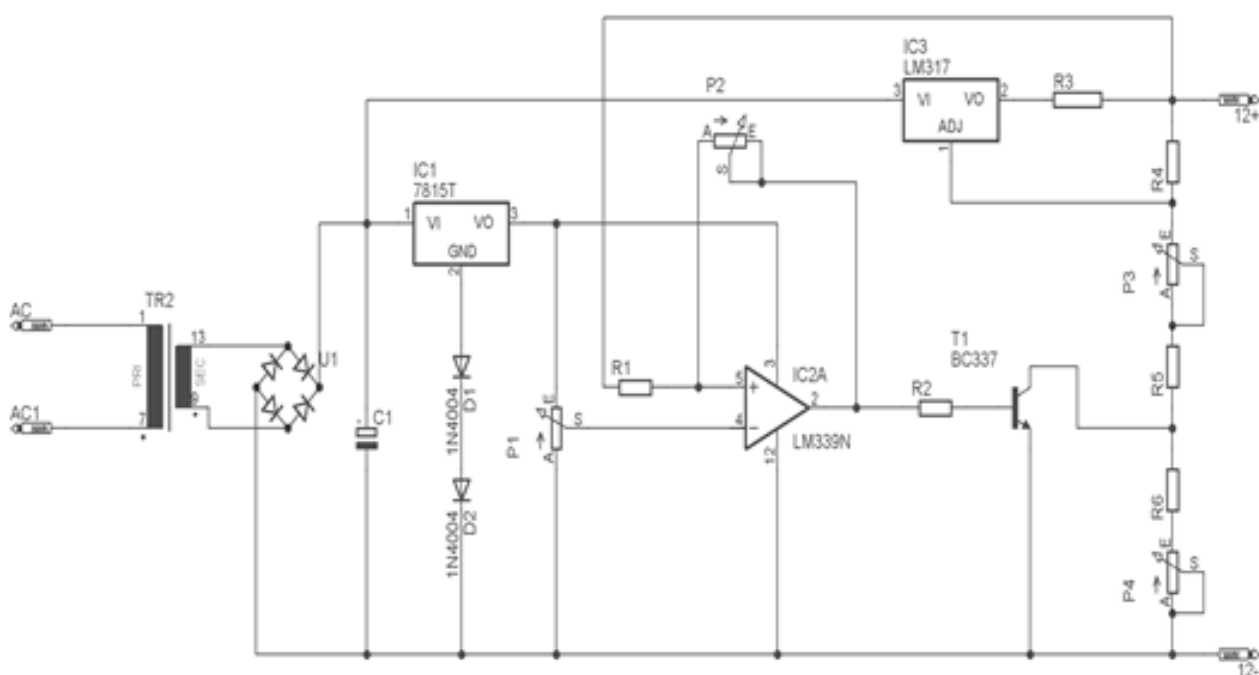
Toto zapojení je ideální pro tvorbu nabíječky. Opět zde platí, že mezi vývody 1 a 3 je napětí 1,25 V. Z katalogu můžeme vyčíst vzorec pro výstupní napětí a také výstupní impedanci.

$$U_0 = U_{ref} * \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) = 1,25 * \left(1 + \frac{2400}{240}\right) = 13,75V \quad (2)$$

$$Z_0 = R_s * \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) = 0,2 * \left(1 + \frac{2400}{240}\right) = 2,2\Omega \quad (3)$$

Ze vzorce č. 2 pro výstupní napětí vidíme, že napětí můžeme zvětšit změnou poměru odporu R2/R1. Výstupní impedance je závislá na odporu R<sub>s</sub> a také poměrem odporů. Výstupní impedance nám určuje nabíjecí proud. Platí zde Ohmův zákon. Nabíjecí proud je dán rozdílem napětí mezi nabíječkou a akumulátorem podělený výstupní impedancí. Z toho lze odvodit, že nabíjecí proud není konstantní, ale klesá s rostoucím napětím na akumulátoru.

### 3.1.3 Schéma nabíječky

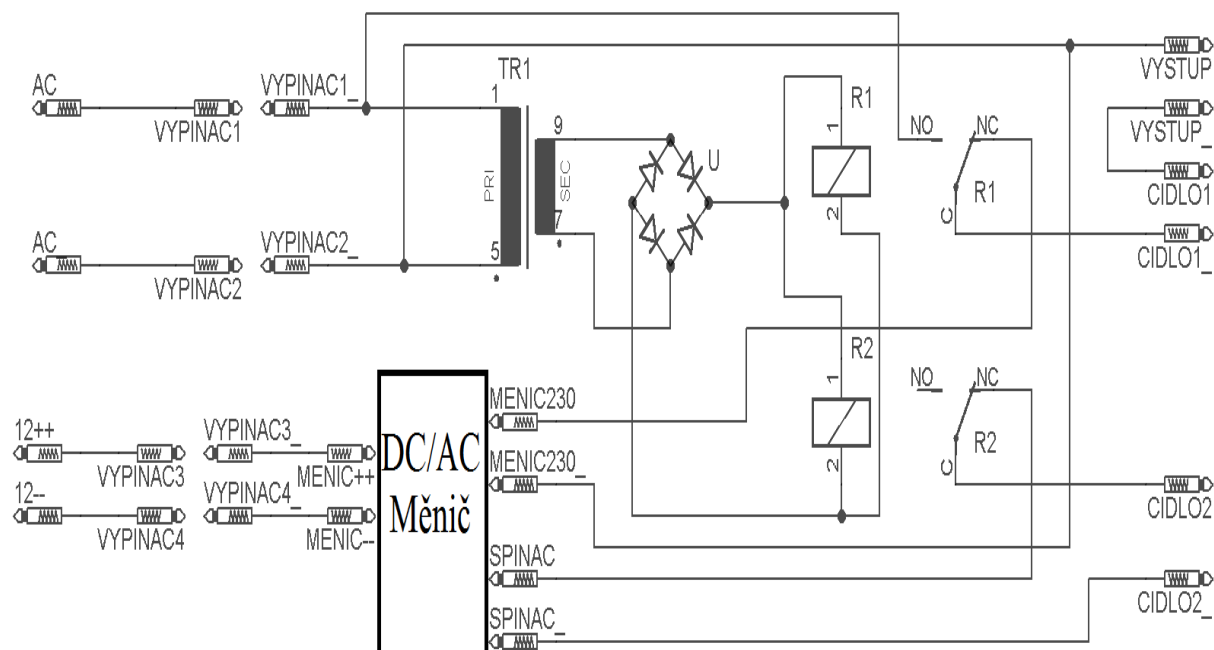


Obr. 24 schéma nabíječky

Ze schématu nabíječky vidíme, že napětí ze sítě 230V je pomocí transformátoru převedeno na nižší hodnotu napětí. Transformátor má jmenovité hodnoty 18 V a 1,67 A. Napětí z transformátoru je usměrněno pomocí usměrňovače U1 a dále pomocí filtračního kondenzátoru C1 potlačeno zvlnění. Integrovaný obvodu 7815T, slouží jako stabilizátor na 15 V. Pomocí usměrňovacích diod D1 a D2 a díky úbytku napětí 0,6 V na jedné diodě je výsledné napětí stabilizováno asi na 16,2 V. Toto napětí je využito pro napájení komparátoru, jak vidíme ze schématu, komparátor je napájen nesymetricky. Komparátor je neinvertující s hysterezi a nastavení na požadované hodnoty, provedeme pomocí trimru P1 a P2. Na neinvertující vstup komparátoru je přivedeno napětí akumulátoru. Akumulátor je připojen na svorky 12+ a 12-. Výstup komparátoru má dva stavy, jak bylo vysvětleno v podkapitole komparátory. Jako zdroj výstupního napětí je zde integrovaný obvod LM317, který je pomocí hodnot odporů R4 R5 R6 nastaven na požadované výstupní napětí. Tuto hodnotu je možné doladit pomocí trimru P3 a P4. Funkce obvodu LM317 byla již popsána v podkapitole výše.

Funkce nabíječky je následující. Komparátor má hysterezi nastavenou na hodnoty 13,3-14,5 V. V případě, že na akumulátoru je napětí v tomhle rozmezí, tak na výstupu komparátoru bude napětí, které nám otevře tranzistor T1. V případě otevřeného tranzistoru je obvod LM317 nastaven na hodnotu napětí 13,8 V, což je udržovací napětí akumulátoru. Nastavení se provádí na trimru P3, přičemž R4 a R5 je konstantní. Platí zde vztah uvedený v podkapitole LM317. Když je napětí na akumulátoru nižší než 13,3 V, tak výstupní napětí komparátoru neotevře tranzistor T1 a na výstupu je nastaveno napětí 14,8 V. Nastavení hodnoty provedeme pomocí trimru P4. Proud tekoucí do akumulátoru se odvíjí od napětí baterie.

### 3.2 NÁVRH PŘEPÍNAČÍ LOGIKY ZÁLOŽNÍHO ZDROJE



Obr. 25 schéma přepínací logiky

Ze schématu vidíme, že se zde nachází dva základní napájení. Napájecí síť je značena AC a je přivedena do vypínače. Dále zde vidíme napětí akumulátoru, které je opět připojeno přes vypínač. Můj DC/AC měnič byl vybaven také vypínačem. Když je tento vypínač vypnut, není na výstupu měniče žádné napětí. Tento vypínač jsem označil ve schématu jako spínač. Základem celého zapojení je elektromagnetické relé s DC cívkou. Pro činnost relé potřebujeme stejnosměrné napětí. Relé v případě napětí přepne do polohy NO. Ve schématu vidíme transformátor, který převede síťové napětí na menší hodnotu v mém případě 9 V. Dále je napětí usměrněno pomocí usměrňovače na stejnosměrné napětí. Toto napětí je použito k činnosti obou relé. Pokud jsou oba vypínače sepnuty, tak je záložní zdroj v provozu. Na schématu je znázorněno zapojení v případě, že na relé není přivedeno napětí. To odpovídá výpadku elektrické sítě. V tomto případě je na výstupu napětí z měniče pouze v případě, že jsou oba čidla sepnuta. Čidlo 1 je teplotní čidlo, které je určeno pro běžný provoz z napájecí sítě. Čidlo 2 je nastaveno na vyšší teplotu, tak aby nedošlo k poškození kotle. Čerpadlo je tedy napájeno v případě výpadku pouze, když je to nezbytně nutné. V případě obnovení elektrické sítě, se relé přepne. Po přepnutí jde napájecí napětí přímo na výstup a zároveň je měnič vypnut pomocí druhého relé. Pokud nepožadujeme teplotní čidla, tak musíme kontakty spojit, aby záložní jednotka fungovala.

### 3.3 VÝROBA PLOŠNÉHO SPOJE

Schéma nabíječky jsem nejprve otestoval na nepájivém poli. Také schéma přepínací logiky jsem otestoval, ikdyž jen krátce, protože nerad pracuju s napětím 230 V. Po odstranění všech nedostatků a závad jsem mohl přejít k tvorbě plošného spoje v nějakém počítačovém editoru.

#### 3.3.1 Eagle [20]

Jedná se o počítačový program pro tvorbu schémat a desek plošných spojů. Program Eagle vyrábí firma Cadsoft. Tento program nabízí stejné základní funkce jako jsou obsaženy v profesionálních drahých programech. Tento program funguje na všech dostupných operačních systémech. Pro tvorbu plošného spoje nejprve musíme nakreslit požadované schéma zapojení. Ve schématu zapojení musíme určit přesný typ součástek, včetně přesné velikosti součástek. V knihovně eagle je většina našich součástek a nebo podobných, které rozměrově pasují. V případě, že nenajdeme požadovanou součástku, tak na internetu je možné najít hodně knihoven vytvořených uživateli. V mém případě jsem takhle našel nějaké trimry a výkonový rezistor. Po sestavení schématu se v programu Eagle přepne na tvorbu desky. Jednotlivé součástky uspořádáme na desku a jednotlivé cesty vytvoříme funkcí autorouter. Tato funkce nenavrhne úplně dokonale všechny cesty. Jednotlivé cesty můžeme ručně změnit a také nastavit třeba šířku cesty. Programem vytvoříme osazovací schéma, ale zároveň také schéma vodivostních cest plošného spoje.

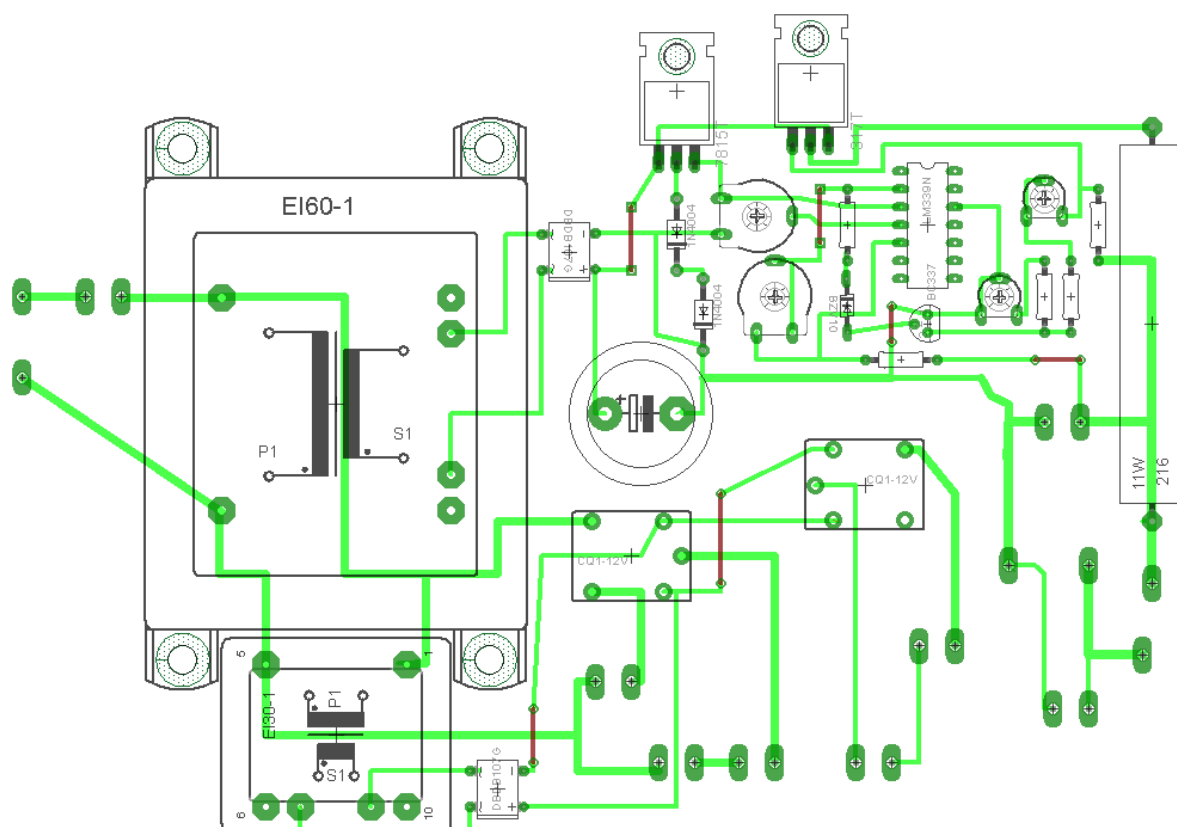
#### 3.3.2 Zhotovení plošného spoje

Nejprve musíme vytvořit předlohu, kterou můžeme vytvořit třeba pomocí výše zmiňovaného programu Eagle. Důležitá je především kvalita přenašených spojů. Vodiče musí být černé a zbytek desky musí být dokonale průsvitný. Pro běžné potřeby stačí vytisknout na průhlednou fólii na běžných inkoustových nebo laserových tiskárnách.

Po vytisknutí předlohy na průhlednou fólii, musíme potřebně upravit také desku plošného spoje na požadovaný rozměr. Nejlépe pákovými nebo ručními nůžkami na plech. Deska plošného spoje musí být opatřena fotocitlivou vrstvou. Desku s předlohou vložíme do osvětlovací komory. Pro osvětlení desky je třeba použít ultrafialové záření, většinou pomocí UV trubice. Po osvětlení se vyvolávání provádí v roztoku NaOH. Celou desku ponoříme do roztoku fotoemulzí nahoru a krouživým pohybem promícháváme roztok v misce. Desku očistíme od vývojky a připravíme leptací roztok. Desku plošného spoje položíme na hladinu leptacího média. Deska je držena povrchovým napětím kapaliny a leptací roztok působí na desku ze spodní strany, dokud se nevyleptá. Během leptání desku kontrolujeme, aby nedošlo k podleptání. Doba desky v roztoku je asi 20 až 30 minut. Po vyleptání oplachneme vodou. Dále desku plošného spoje vyvrtáme a případně desku mechanicky upravíme. Deska je připravená pro osazení součástek.

### 3.4 OSAZENÍ SOUČÁSTEK

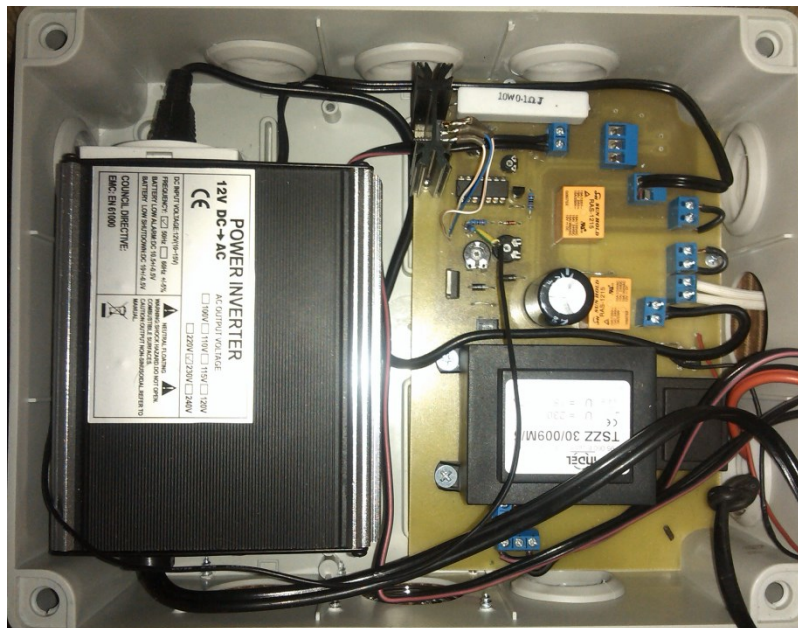
Podle níže uvedeného obrázku jsem provedl osazení a napájení součástek záložní jednotky. Sestavoval jsem to postupně a jednotlivé části jsem po napájení ověřil. Nejprve jsem napájel součástky, které tvořili zdroj napětí a potom zapojení komparátoru. Jelikož jsem použil stejné součástky jako na napájecím poli, tak jsem nemusel komparátor znova nastavovat. Po ověření komparátoru jsem zapojil LM317 se všemi potřebnými odpory a trimry. Při ověření funkčnosti nabíječky jsem narazil na problém, že udržovací napětí na akumulátoru mi nedokáže pokrýt proudové potřeby ventilátoru. V zapojení s ventilátorem by nabíječka neustále nabíjela. Proto jsem ventilátor zapojil mimo akumulátor, a to na napětí potřebné pro přepínání relé. Nevýhoda tohoto zapojení je, že ventilátor pojede pouze když bude napětí v síti. Ventilátor bude sloužit pouze k chlazení krabice z důvodu zahřívání chladiče LM317. DC/AC měnič má svůj vlastní ventilátor, který by měl měnič uchlazen. V krabici proto měnič umístím tak, aby ventilátor směřoval přímo ven. Tento problém by šel vyřešit použitím dalšího relé, ale myslím si, že by to bylo zbytečně komplikované. Dále jsem otestoval funkčnost přepínací logiky a mohl jsem konstatovat, že zařízení je plně funkční. Jako zátěž jsem použil žárovku, jelikož žádné oběhové čerpadlo doma nemám.



Obr. 26 Osazovací schéma záložní jednotky

### 3.5 UMÍSTĚNÍ DO KRABICE A FOTKY ZAŘÍZENÍ

Celé zařízení jsem umístil do krabice. Již při tvorbě plošného spoje jsem vymýšlel vhodné usazení jednotlivých komponentů. Jak si můžeme všimnout z obrázku 27, tak polovinu krabice tvoří deska plošného spoje a druhou polovinu tvoří DC/AC měnič.



Obr. 27 vnitřní zapojení záložní jednotky



Obr. 28 záložní jednotka

Z tohoto obrázku můžeme vidět, že celé zařízení je ovládáno 2 vypínači. Vypínače jsou svítící, aby i v tmavých místnostech bylo vidět, že zařízení je funkční. Dále zde máme



signalizační led diodu, která svítí v případě nabití baterie. Z fotky také vidíme kovové mřížky, které slouží k průchodu vzduchu z ventilátoru. Ventilátor je umístěn v krabici.



Obr. 29 otevřená záložní jednotka včetně akumulátoru



Obr. 30 záložní jednotka včetně akumulátoru

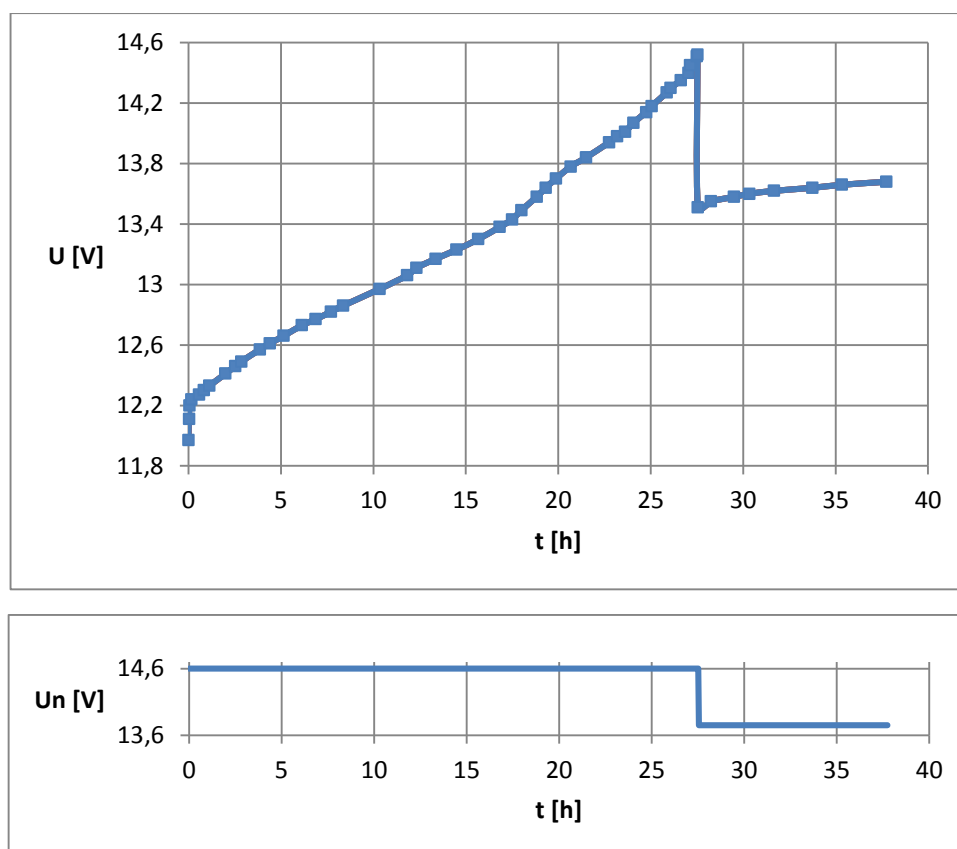
Na těchto fotkách si můžeme všimnout, že ventilátor je připevněn do krytu krabice. Kabely k vypínačům, led diodě a ventilátoru jsou dostatečně dlouhé, aby záložní jednotka šla otevřít. Také zde vidíme akumulátor, který má kapacitu 26 Ah. Na fotkách vidíme, že zde není připojen žádný spotřebič. Gumovými průchodkami je možné vyvést kabely ven, jak vidíme z obr. 30. Druhá průchodka vpravo je připravena k vyvedení kabelů pro oběhové čerpadlo, můžeme si toho všimnout na obr. 27.

## 4 OVĚŘTE FUNKČNOST REALIZOVANÉHO ZAŘÍZENÍ A POPIŠTE MOŽNOSTI A PODMÍNKY JEHO VYUŽITÍ

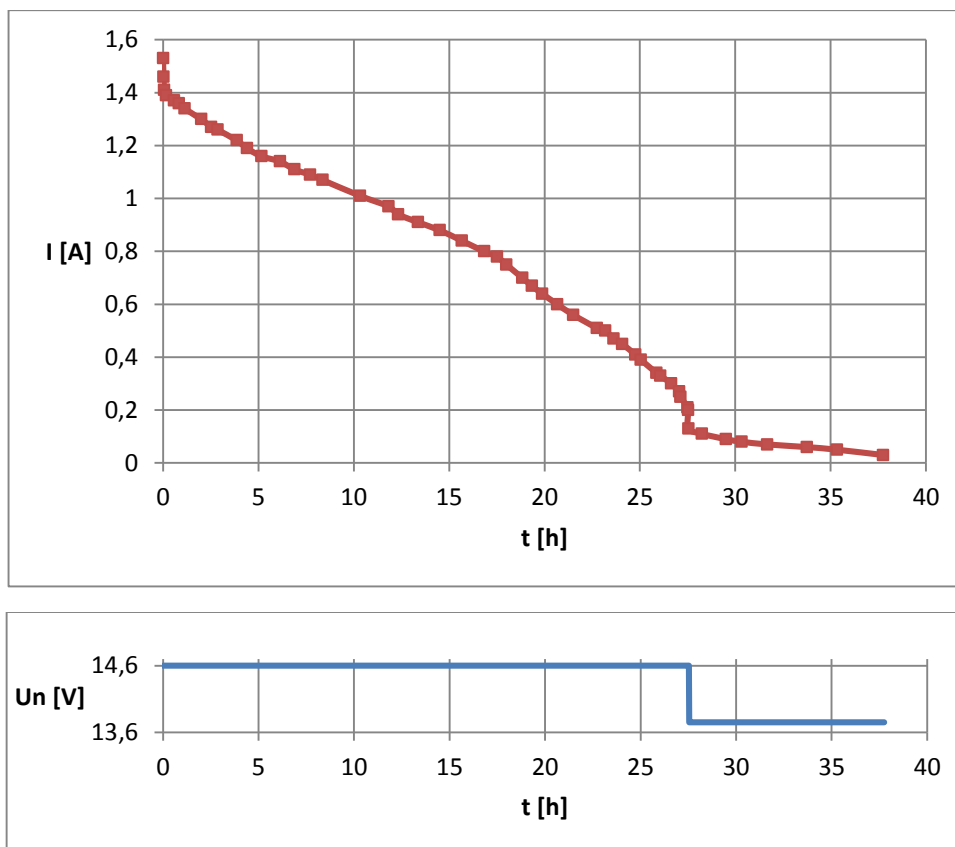
Ověření funkčnosti jsem prováděl, hned po umístění zařízení do krabice. Jako zátěž jsem používal žárovku s výkonem 50W. Zjistil jsem, že je zařízení plně funkční. Zařízení je v provozu, pokud oba ovládací tlačítka svítí. Výpadek napájecího napětí lze způsobit červeným ovládacím tlačítkem nebo vytáhnutím přívodního kabelu ze zásuvky. Při výpadku se pomocí přepínací logiky přepne na napájení z DC/AC měniče. Při tomto přepnutí si můžeme všimnout, že žárovka problikne.

Záložní jednotka je primárně určena k oběhovému čerpadlu. Samozřejmě se dá použít na jakékoliv elektrické zařízení do výkonu 150W. Tento výkon je určen použitým DC/AC měničem. Využití bych viděl, kromě oběhového čerpadla, třeba na napájení plynového kotle. Plynový kotel má výkon obvykle do zmíněných 150W. Pro spotřebič, kde není nutné, aby byl zálohován, můžeme zelený vypínač vypnout. V případě výpadku napájecí sítě můžeme spotřebič spustit ručně pomocí zeleného vypínače.

Pro ověření funkčnosti nabíječky jsem nejprve akumulátor vybil pomocí zmíněné žárovky. Poté jsem provedl měření nabíjení akumulátoru. Měřil jsem nabíjecí proud a napětí na akumulátoru. Měření jsem prováděl po dobu, než se akumulátor dobije.

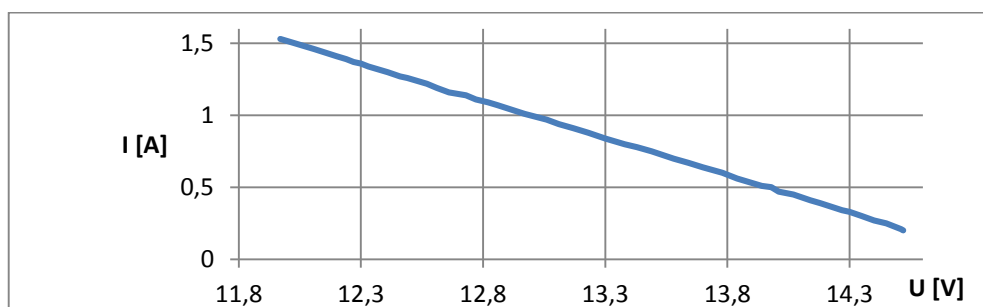


Obr. 31 graf napětí na akumulátoru a hodnoty nabíjecího napětí



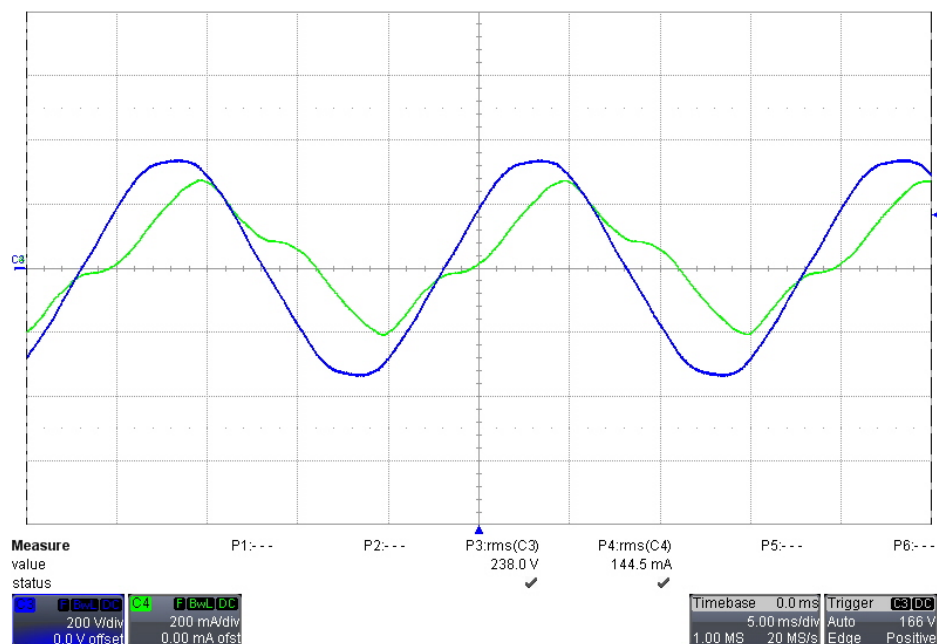
Obr. 32 graf proudu při nabíjení a nabíjecí napětí

Z obrázku 31 a 32 si můžeme všimnout chování nabíječky v záložní jednotce. Z obrázku 31 vidíme, že při nabíjení roste napětí na akumulátoru. Pokud dosáhne napětí na akumulátoru hodnoty 14,52 V, tak se pomocí komparátoru přepne dobíjecí napětí na hodnotu 13,75 V. Při tomto přepnutí začne klesat napětí na akumulátoru na hodnotu přibližně 13,5 V. V grafech je také zobrazena hodnota nabíjecího napětí označená  $U_n$ . Z grafu proudu si můžeme všimnout, že proud klesá v závislosti na čase dobíjení. Proud klesal až na hodnotu 30 mA a pak se už se dále nesnižoval. Z měření jsem také zjistil, že doba nabíjení je delší než jsem předpokládal. Nabíječka je připojena trvale na akumulátor, z toho důvodu je vždy akumulátor nabitý. Pokud napětí na baterii bude menší než 13,3 V, tak se nabíječka opět přepne do stavu nabíjení. Z naměřených hodnot můžeme také udělat graf závislosti proudu na napětí akumulátoru. Graf je na obrázku 33. Z grafu vidíme, že se jedná téměř o přímku.

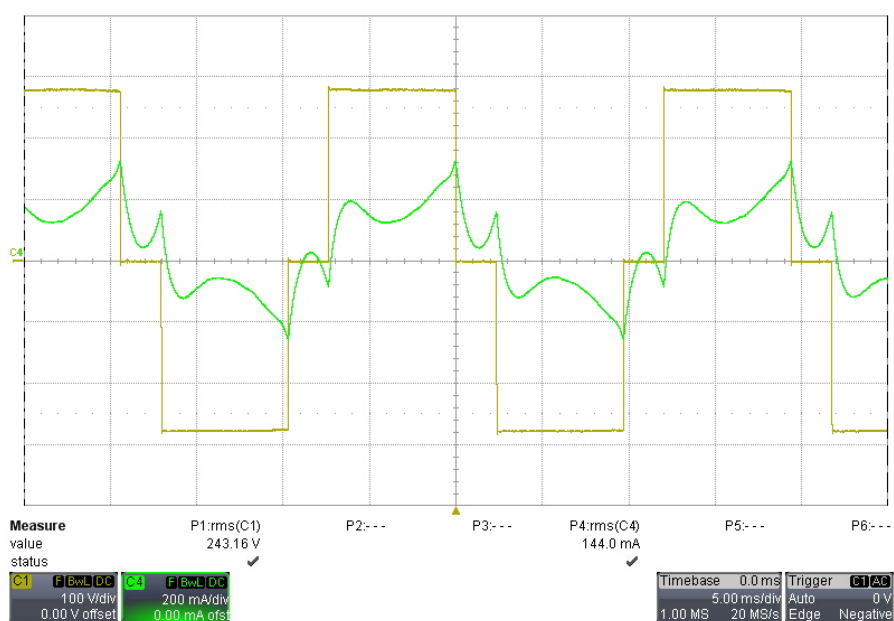


Obr. 33 graf závislosti proudu na napětí akumulátoru

Po ověření nabíječky, jsem chtěl ještě ověřit výstupní napětí záložní jednotky. Měření jsem prováděl ve školní laboratoři na osciloskopu. Zajímalo mě výstupní napětí a proud při napájení ze sítě a také z měniče. Průběhy napětí a proudu na motoru jsou na obrázku 34 a 35. Z obrázku 34 vidíme, že napětí ze sítě je sinusové. Můžeme si všimnout, že amplituda napětí dosahuje hodnoty přibližně 330 V a efektivní hodnota je 238 V. Z obrázku 35 si můžeme všimnout, že napětí z měniče je obdélkové. Amplituda tohoto signálu je 280 V a efektivní hodnota 243 V. Když porovnáme tyto dva průběhy z hlediska proudu, tak zjistíme, že proudy jsou totožné a rozdíl je pouze 0,5 mA.



Obr. 34 průběh napětí a proudu na motoru ze sítě



Obr. 35 průběh napětí a proudu na motoru z měniče napětí

## 5 ZÁVĚR

Hlavním úkolem mé bakalářské práce bylo navrhnout a vyrobit záložní jednotku pro oběhové čerpadlo. Představil jsem vlastnosti a rozdělení záložních zdrojů, DC/AC měničů, oběhových čerpadel a akumulátorů. Potom jsem se zabýval návrhem záložní jednotky z komerčně dostupným DC/AC měničem. Navrhnuté zapojení jsem překreslil do programu Eagle a nechal vyleptat. Po osazení součástek jsem mohl zařízení otestovat. Ověření funkčnosti jsem prováděl pomocí žárovky s výkonem 50W. Dále jsem ověřil funkčnost nabíječky a zjistil jsem, že vybitou baterii (26 Ah) mohu nabít za cca 30 hodin. Tento záložní zdroj bych tedy doporučil k méně častým a krátkým výpadkům. Také to vše závisí na příkonu připojeného oběhového čerpadla a také kapacitě akumulátoru. Díky této práci jsem zjistil, že výroba takového zařízení dle kapitoly č. 3 je levná a snadná. Toto řešení zálohy je vhodné především pro kotel na tuhá paliva, kde je záloha žádoucí a nutná. Vypracování této práce bylo pro mě přínosem a dozvěděl jsem se mnoho informací z oblasti elektroniky.

## 6 CITACE

- [1] Jak vybrat UPS. [online]. [cit. 2013-05-06]. Dostupné z: [http://www.hardware-software.cz/data/jak\\_vybrat\\_ups.pdf](http://www.hardware-software.cz/data/jak_vybrat_ups.pdf)
- [2] UPS [online]. [cit. 2013-05-06]. Dostupné z: <http://vedomosti.szm.com/otazka03.html#PRAX>
- [3] Čerpadla. [online]. [cit. 2013-05-06]. Dostupné z: [http://www.fce.vutbr.cz/TZB/treuova.l/ST51/6\\_cerpadla.pdf](http://www.fce.vutbr.cz/TZB/treuova.l/ST51/6_cerpadla.pdf)
- [4] Avea.cz. [online]. [cit. 2013-05-06]. Dostupné z: <http://www.avea.cz/>
- [5] Kamna astranet. [online]. [cit. 2013-05-06]. Dostupné z: [kamna.astranet.cz/shops/4848/private/smycka.html](http://kamna.astranet.cz/shops/4848/private/smycka.html)
- [6] CHLEBIŠ, Petr. VŠB FEI. *Výkonová elektronika I*. Ostrava, 2003.
- [7] Měniče. [online]. [cit. 2013-05-06]. Dostupné z: <http://mve.energetika.cz/sikovneruce/menice.htm>
- [8] Schémata. [online]. [cit. 2013-05-06]. Dostupné z: <http://danyk.cz/index.html>
- [9] *Elektrotechnika* [online]. VUT Brno, 2010[cit. 2013-05-06]. Dostupné z: [http://www.feec.vutbr.cz/EEICT/2010/sbornik/02-Magisterske\\_projekty/04-Silnopruda\\_elektrotechnika\\_a\\_elektroenergetika/08-xstejs15.pdf](http://www.feec.vutbr.cz/EEICT/2010/sbornik/02-Magisterske_projekty/04-Silnopruda_elektrotechnika_a_elektroenergetika/08-xstejs15.pdf)
- [10] Měniče. [online]. [cit. 2013-05-06]. Dostupné z: <http://www.menice-napeti.cz/vlastnosti-menicu-napeti.html>

- [11] Mulac.cz. [online]. [cit. 2013-05-06]. Dostupné z: ] <http://www.mulac.cz/12v-na-230v-dc-ac/>
- [12] Energetická nezávislost. [online]. [cit. 2013-05-06]. Dostupné z: <http://www.renerga.cz/nezavislost>
- [13] Akumulátory. [online]. [cit. 2013-05-06]. Dostupné z: <http://www.cezeta487.ic.cz/Documents/akumulatory.pdf>
- [14] CENEK. STRO.M. *Akumulátory a baterie*. Vyd. 1. Praha: STRO.M, 1996, 149 s. Elektro.
- [15] Obvody. [online]. [cit. 2013-05-06]. Dostupné z: <http://www.barts.cz/index.php/elektronika/obvody/12-oz?showall=1>
- [16] Plošný spoj. [online]. [cit. 2013-05-06]. Dostupné z: <http://www.postreh.com/phprs/view.php?cislocclanku=2006122802>
- [17] Komparátory. [online]. [cit. 2013-05-06]. Dostupné z: <http://www.samoweb.wz.cz/elektronika/opzes3/opzes3.htm>
- [18] Stabilizovaný zdroj. [online]. [cit. 2013-05-06]. Dostupné z: <http://www.belza.cz/pwrsply/317zdroj.htm>
- [19] GME.cz. [online]. [cit. 2013-05-06]. Dostupné z: <http://www.gme.cz/dokumentace/331/331-004/dsh.331-004.1.pdf>
- [20] EAGLE. [online]. [cit. 2013-05-06]. Dostupné z: <http://www.cadsoftusa.com>